Wie

die Feldfrüchte wachsen.

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

Wie die Feldfrüchte wachsen.

Ein Lehrbuch

für

landwirthschaftliche Schulen und zum Selbstunterrichte

von

Samuel W. Johnson, M. A.,

Professor der analytischen und Agriculturchemie an dem Yale College in New-Haven,
Chemiker der landwirthschaftlichen Gesellschaft von Staat Connecticut 2c.

Uebersetzt

von

Hermann von Liebig.

Mit zahlreichen Abbildungen und Analysentafeln.

Braunschweig,
Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1871.

Vorwort.

In meiner „Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie“ habe ich die physiologischen Vorgänge und die morphologischen Verhältnisse des Wachsthums und der Entwickelung der Pflanzen nicht berücksichtigen können; in dem Werke meines Freundes und früheren Schülers, des Herrn Professor Dr. S. W. Johnson in New Haven: „Wie die Feldfrüchte wachsen,“ sind diese Verhältnisse, deren Kenntniß für den wissenschaftlich gebildeten Landwirth von hohem Werthe ist, mit einer ausgezeichneten Klarheit und Gedrängtheit und mit einer vollkommenen Kenntniß der in dieser Richtung in Deutschland bekannt gewordenen Untersuchungen beschrieben; dies hat mich veranlaßt, die Uebersetzung seines Werkes durch meinen Sohn vornehmen zu lassen, indem ich dachte, daß es den Freunden meines Buches, als eine Ergänzung desselben, willkommen sein dürfte.

München, im Januar 1871.

J. von Liebig.

Vorrede.

Es war in den letzten Jahren die Aufgabe des Autors, jährlich eine Reihe von Vorträgen über Agriculturchemie und Physiologie an der wissenschaftlichen Schule des Yale College zu halten. Dieser Band ist das Resultat der Studien, die für die Vorbereitung der Vorlesungen unternommen waren. Es ist der erste Band eines Werkes, welches die Anwendung der Chemie und Physiologie auf die Landwirthschaft in ihrem ganzen Umfang umfassen soll, und wird dem Publicum in der Hoffnung übergeben, einem Mangel, der lange bestanden hat, abzuhelfen.

Der Fortschritt in diesen Gebieten des Wissens ist während der letzten Jahre sehr beträchtlich gewesen. Dank der Thätigkeit zahlreicher englischer, französischer und vorzugsweise deutscher Forscher hat die Agriculturchemie aufgehört, das Monopol der Theoretiker zu sein, und hat eine sichere Grundlage erhalten, die auf Beobachtung der Natur und aufmerksamem Studium der Thatsachen beruht. Ebenso hat die Pflanzenphysiologie beträchtliche Fortschritte gemacht, sie hat sich von vielem nutzlosen Ballast befreit und hat Vieles errungen, was von directer Bedeutung für die Landwirthschaft ist.

Der Verfasser hat in diesem Werke versucht, eine Sammlung von Thatsachen zu bieten, die völlig hinreichen dürften,

um ein treues und angemessenes Bild von der Natur und den Bedürfnissen der Pflanze wiederzugeben. Das Buch soll den Studirenden der Landwirthschaft gründlich vorbereiten, selbst den ganzen Gegenstand der Pflanzenernährung zu verstehen, um genau erwägen zu können, wie und in welchem Umfang das Wachsthum der Pflanzen einerseits von der Atmosphäre, andererseits von dem Boden abhängt. Ich habe gesucht, den Gegenstand inductiv darzustellen. Es sind möglichst alle Thatsachen zusammengestellt und verglichen, und auch die Methoden der Untersuchungen so beschrieben und besprochen, daß die daraus abgeleiteten Schlüsse nicht auf einer persönlichen Autorität ruhen, sondern daß der Studirende für sich selbst im Stande ist, ihre Gültigkeit und ihren Werth zu prüfen. An einigen Stellen bin ich ausführlich ins Einzelne eingegangen, von der Ueberzeugung durchdrungen, daß eine Bekanntschaft mit den Quellen des Wissens und den Methoden der Forschung ein nothwendiger Theil der Erziehung Derjenigen ist, welche später der Landwirthschaft ihre Dienste widmen wollen. Die höheren landwirthschaftlichen Schulen, die hier in Frage kommen, sollen mehr thun, als die bloßen allgemeinen Resultate der Landwirthschaft zu lehren. Sie sollen den Gegenstand so gründlich lehren, daß der Schüler sofort die Mängel und die Möglichkeiten unserer Kenntnisse begreifen kann. So nur können wir hoffen, eine Anzahl fähiger Forscher zu erziehen, von deren Arbeiten und Anstrengungen die Wissenschaft und Technik neue und andauernde Anregung empfängt.

Bei der Ausarbeitung der folgenden Seiten hat der Verfasser niemals außer Acht gelassen, den Gegenstand in Bezug auf seine praktische Bedeutung zu würdigen. Eine Menge interessanter Einzelnheiten wurden ausgelassen, um innerhalb eines

angemessenen Raumes die Kenntnisse und Belehrungen zu umfassen, welche dem Landwirthe direct von Nutzen sein können. Es darf indessen nicht vergessen werden, daß ein werthvoller Grundsatz oft erst durch das Studium von Thatsachen erlangt wird, welche, einzeln für sich betrachtet, keine sichtbare Verbindung mit praktischen Resultaten haben. Es wurden Dinge aufgeführt, die mehr sonderbar als nützlich erscheinen mögen, und die gegenwärtig einfach nur ein wissenschaftliches Interesse darbieten, indem sie keine greifbare Aussicht bieten, wie mit Hülfe ihrer Bekanntschaft der Landwirth seine Ernten vermehren, oder seine Arbeit vermindern kann. Solche Thatsachen dürfen indessen aus diesen Gründen weder übersehen werden, noch eines Platzes in unserm Werke ermangeln. Sie machen das Buch deshalb nicht weniger praktisch oder weniger werthvoll. Es sind gerade manchmal solche sonderbare und scheinbar nutzlose Thatsachen, die den Samen abgeben für weitere Fortschritte in Kunst und Wissenschaft.

Für Diejenigen, die sich nicht des Vortheils einer Schule erfreut haben, hat der Verfasser seine Gegenstände in so regelmäßigen und einfachen Schritten zu entfalten gesucht, daß Jedermann dieselben leicht bemeistern kann. Er hat außerdem versucht, das Werk in Form und Inhalt den Bedürfnissen der Schule anzupassen durch strenge systematische Anordnung der Gegenstände und durch Theilung der Materien in bequeme Paragraphen. Zur Beihülfe des Studirenden, der Zutritt zu einem chemischen Laboratorium hat, und der wünscht, sich selbst praktisch mit den Elementen und Verbindungen, die in der Pflanze vorkommen, bekannt zu machen, ist eine Anzahl einfacher Versuche etwas ins Einzelne gehend beschrieben. Die Wiederholung derselben wird man außerordentlich nützlich finden, indem

es dem Schüler Gelegenheit giebt, sowohl seine Beobachtungsgabe zu schärfen, wie auch die Eindrücke des Studiums zu vertiefen. Der Verfasser hat es für nützlich gehalten, den Band für sich abzuschließen, und hat deshalb einen kurzen Abschnitt über die Ernährung der Pflanze eingefügt. In dem folgenden Bande, der für den Druck bereit ist, wird dieser Gegenstand, in allen Einzelnheiten erweitert, vorgetragen. Die Atmosphäre und der Boden in ihren mannigfachen Beziehungen zu den Pflanzen wird darin vollständig behandelt.

In einem dritten Bande wird der praktische Landbau oder die Verbesserung des Bodens und der Ernten durch Bodenbearbeitung und Düngung folgen. Zuletzt soll, wenn mir die Zeit und Stärke nicht fehlt, ein vierter Band über Viehfütterung, Mästung und Milchwirthschaft, vom chemischen und physiologischen Standpunkte aus, die Reihe schließen.

Noch harren zahlreiche Probleme, welche den Naturforscher wie den Landwirth beschäftigen, der experimentellen Lösung, und an die jungen Leute, die mit den Geschäften der Landwirthschaft vertraut sind, und die sich die Fähigkeit für Untersuchungen angeeignet haben, geht der Ruf, das Feld der Landwirthschaft wissenschaftlich zu betreten, welches gelb im Herbste steht und für welches der Schnitter stets noch zu wenige sind.

Inhalt.

Viertes Kapitel.

Fortpflanzungsorgane der Pflanzen.

Dritte Abtheilung.

Leben der Pflanzen.

Erstes Kapitel.

Keimung.

Zweites Kapitel.

Anhang.

Tafel I.

Tafel II.

Tafel III.

Einleitung.

Die Landwirthschaft beschäftigt sich mit der Erzeugung bestimmter Pflanzen und Thiere, welche dem Menschen zur Nahrung und zur Bekleidung dienen.

Die Grundlage aller Zweige der Landwirthschaft bleibt stets die Pflanzenproduction.

Die Natur sorgt in ausgedehntester Weise für das freiwillige Wachsthum einer großen Anzahl mannichfaltiger Pflanzen. Dieses reicht aber unter den Himmelsstrichen, wo die Bevölkerung dicht und die Bildung am weitesten vorgeschritten, nicht aus, um die vegetabilischen Producte, welche der Mensch zur Lebensnothdurft oder zum Luxus verlangt, in entsprechender Menge zu liefern.

Um die verschiedenen Arten von Pflanzen in hinreichenden Quantitäten zu erzeugen, sind wir genöthigt künstliche Mittel zu Hülfe zu nehmen. In dem Bemühen, diese Mittel auf die erfolgreichste Weise anzuwenden, liegt der Ursprung der Landwirthschaft.

Soweit die Landwirthschaft eine Kunst ist, besteht sie in bestimmten Verrichtungen und Verfahrungsarten, die durch Beobachtung der Bedingungen, unter denen sich die Natur am besten bewährt hat, und durch Nachahmung derselben sich allmälig entwickelt haben, oder die auf mehr zufällige Weise gefunden wurden.

Die Wissenschaft des Landbaues ist die rationelle Theorie und Erklärung der erfolgreichen Kunst.

Genau genommen sind Kunst und Wissenschaft des Landbaues von gleichem Alter, beide sind von frühesten Zeiten an zusammen aufgewachsen. Diejenigen, welche zuerst den Boden bearbeiteten, bepflanzten, düngten und bewässerten, hatten für alle diese Arbeiten ihre wohlerwogenen Gründe. In allen Fällen geht der Gedanke dem Werk voran, der verständige Arbeiter hat, so zu sagen, immer eine Theorie, auf welche er sein Verfahren gründet.

Keine Wirthschaft wurde jemals ohne Chemie, Physiologie oder Physik, wenn auch unbewußt, geleitet, ebenso wenig wie jemals eine Brücke oder Eisenbahn ohne mathematische oder mechanische Kenntnisse gebaut wurde. Jeder erfolgreiche Landwirth ist bis zu einem gewissen Grade ein wissenschaftlicher Mann, oder handelt wenigstens nach wissenschaftlichen Grundsätzen. Würfe er die Kenntniß der Thatsachen und die Grundsätze, welche seine Wissenschaft bilden, hinweg, so würde er die Grundbedingungen seines Erfolges verlieren. Ein Landwirth ohne Wissen, ohne Theorie, der sich keine Rechenschaft über die Gründe seines Verfahrens giebt, kann sich keinen Plan bilden; und wo dieser fehlt, kann ein landwirthschaftlicher Betrieb nur zu vollständigen Mißerfolgen führen; ebenso wenig kann andererseits ein Mann, der nur wissenschaftliche Kenntnisse besitzt, dem aber die erforderliche technische und finanzielle Geschicklichkeit zur Ausführung fehlt, Erfolge erzielen. Setzen wir alle anderen Eigenschaften als gleich voraus, so wird derjenige Landwirth die größten Erfolge aufweisen, welcher die Theorie am vollständigsten beherrscht. Je mehr er weiß, desto mehr ist er zu thun im Stande. Je tiefer, umfassender und klarer er zu denken vermag, desto sparsamer und vortheilhafter wird er arbeiten können.

Daß irgend ein Gegensatz oder Widerspruch zwischen

Wissenschaft und Kunst oder zwischen Theorie und Praxis waltet, ist ein verhängnißvoller Irrthum. Beide sind, wie sie immer gewesen, und immer sein müssen, in voller Harmonie. Wenn sie im Widerspruch zu stehen scheinen, so liegt die Ursache darin, weil irgend etwas, was wir unsere Wissenschaft oder Kunst nennen, falsch oder unvollständig ist; wir haben nicht genau genug beobachtet, oder wir sind durch die Beschränktheit unseres Gesichtskreises irregeleitet.

Man sagt häufig, daß eine Maschine in der Theorie gut sei, aber unbrauchbar in der Anwendung. Dies ist jedoch so unrichtig wie möglich. Wenn eine Maschine sich in der Praxis unbrauchbar erweist, so liegt dies stets an der Unvollkommenheit der Theorie. Man sollte bei einem solchen Mißlingen sagen: die Maschine war insoweit gut, als sie der Erfinder nach seiner Theorie beurtheilen konnte, aber die Unmöglichkeit, damit zu arbeiten, beweist, daß die Theorie mangelhaft war.

Wenn nun auch Kunst und Wissenschaft unzertrennlich sind, so darf doch nicht vergessen werden, daß beide nicht immer mit gleicher Schnelligkeit fortschreiten.

Es giebt in der Praxis Thatsachen, für welche die Wissenschaft noch keine entsprechende Erklärung darbietet. Wenngleich die Kunst nicht älter als die Wissenschaft, so wuchs die erstere doch anfänglich schneller zu stattlichem Umfang. Die Landwirthschaft wurde Hunderte und Tausende von Jahren mit einem Erfolg getrieben, dessen Vergleich mit den Erfolgen des gegenwärtigen Betriebes nicht ungünstig ausfällt. Beinahe alle wesentliche Punkte der modernen Cultur waren den Römern vor der christlichen Zeitrechnung bekannt. Die Geschichte der Chinesen zeigt, daß ihr wunderbares Wissen und ihre Geschicklichkeit in noch weit früherer Zeit bei ihnen in Uebung waren.

So weit der Mensch ohne weitere Hülfsmittel mit seinen Sinnen in die Wissenschaft eindringen kann, hatte er schon

frühe in der Weltgeschichte eine große Vollendung erreicht. Der Theil der Wissenschaft jedoch, der sich auf Dinge bezieht, welche für das unbewaffnete Auge unsichtbar sind, konnte sich nicht eher entwickeln, bis das Fernrohr und das Mikroskop erfunden waren, bis die wachsende Erfahrung und die verbesserte Technik diejenigen Erfindungen hervorgebracht und wohlfeil gemacht hatten, durch deren Hülfe der Geist durch den Schleier der Natur dringen konnte. Die Kunst, welche anfänglich durch eine rohe und sehr unvollständig entwickelte Wissenschaft geleitet wurde, hat innerhalb einer vergleichsweise sehr kurzen Periode die Instrumente und die Mittel zur Untersuchung sehr vervielfältigt, wodurch die Wissenschaft zu dem gegenwärtigen Umfang sich ausgedehnt hat.

Der Fortschritt der Landwirthschaft ist das vereinigte Werk der Wissenschaft und Praxis. In vielen Zweigen derselben wurden in den letzten hundert Jahren große Fortschritte gemacht, besonders in Bezug auf Instrumente und Maschinen und in der Vervollkommnung der Zucht der Hausthiere. Grade hier hat die verbesserte Theorie viel Einfluß geübt.

Neuer ist noch die Entwickelung der Landwirthschaft in Bezug auf Chemie und Physiologie. In dieser Richtung hat das gegenwärtige Jahrhundert oder, man kann beinahe sagen, die verflossenen 30 Jahre die Wissenschaft mehr vervollkommnet, als alle frühern Zeiten zusammengenommen.

Das erste Buch, das in englischer Sprache über die Gegenstände, welche einen wesentlichen Theil der folgenden Seiten ausmachen, handelt, hatte einen schottischen Edelmann, den Grafen Dundonald zum Verfasser und erschien im Jahre 1795 in London.

Es hatte den Titel: „Abhandlung über den innigen Zusammenhang der Landwirthschaft und der Chemie.“ („A Treatise showing the intimate Connection that subsists between Agricultur and Chemistry“). Der gelehrte Graf

bemerkt in seiner Einleitung Folgendes: „Der geringe Fortschritt, den die Landwirthschaft als Wissenschaft bisher gemacht hat, ist zum Theil der mangelhaften Bildung der Landwirthe zuzuschreiben, dann aber auch der mangelhaften Einsicht landwirthschaftlicher Schriftsteller in das Verhältniß des innigen Zusammenhangs dieser Wissenschaft mit der Chemie."

Es giebt in der That keine Operation oder keinen Proceß, wenn er nicht gerade ein rein mechanischer ist, der nicht in Beziehung zur Chemie stünde, einer Wissenschaft, welche die Eigenschaften der Körper und die Wirkungen, die man durch ihre Combination erzielen kann, erklärt. Graf Dundonald sah voraus, daß die Chemie in kurzer Zeit jener alten Kunst, die stets die Grundlage des nationalen Wohlstandes war und bleiben wird, eine glänzende Zukunft öffnen würde.

Wie schwach war aber damals, vor 72 Jahren, als er schrieb, das Licht, welches die Chemie auf die fundamentalen Fragen der Landwirthschaftswissenschaft werfen konnte! Die chemische Natur der atmosphärischen Luft war damals kaum 20 Jahre bekannt. Die Zusammensetzung des Wassers war erst seit 12 Jahren ermittelt.

Das Einzige, was Graf Dundonald über die Zusammensetzung der Pflanzen zu sagen wußte, war folgendes: „Die Vegetabilien bestehen aus schleimigen Materien, harzigen Materien und Bestandtheilen, welche thierischen Stoffen gleichen, und zum Theil aus Oel. Außerdem enthalten die Pflanzen noch erdige Körper, die früher in den frisch aufgenommenen Säften der wachsenden Pflanze sich in Lösung befanden." An späteren Stellen erwähnt er, daß Stärke zu den schleimigen Körpern gehört, und daß bei der Analyse durch Feuer die Pflanzen lösliche alkalische Salze und unlöslichen phosphorsauren Kalk lieferten. Aber diese Salze, mit Ausnahme des Kalkes, glaubte er, wären durch den Verbrennungsproceß gebildet worden; die Thatsache, daß sie aus dem Boden auf-

genommen, die unentbehrliche Nahrung der Pflanzen ausmachen, war dem Grafen völlig unbekannt. Der ganze Inbegriff der Agriculturchemie war ihm, „daß die Pflanzen aus Gasen und einer geringen Menge kalkartiger Materie zusammengesetzt sind"; er sagt: „Obgleich diese Entdeckung dem praktischen Landwirth von geringer Bedeutung erscheinen mag, so verdient dieselbe doch eine aufmerksame Beachtung, weil sie auf die Natur und die Nahrung der Pflanzen ein helleres Licht wirft." Die Thatsache, daß die Pflanzen Kohlensäure aus der Luft absorbiren und den Kohlenstoff zu ihrem Wachsthum verwenden, war bereits bekannt, und auf Grund derselben huldigte man damals der Theorie, daß die Düngemittel wirkten, indem sie die Umwandlung der organischen Materie im Boden oder in Composten in Gase oder löslichen Humus beschleunigten, welche Körper damals als die eigentliche Nahrung der Pflanzen betrachtet wurden. Die erste genaue Analyse von vegetabilischer Substanz wurde erst 15 Jahre nach der Veröffentlichung von Dundonald's Abhandlung ausgeführt, und ein gleicher Zeitraum verfloß, ehe durch Liebig die Methoden so vervollkommnet waren, daß die Zahl guter Analysen sich rasch vervielfältigen konnte. Erst im Jahre 1838 schrieb die Akademie in Göttingen einen Preis für eine entscheidende Lösung der vielbestrittenen Frage aus, ob die Bestandtheile der Aschen zum Wachsthum der Pflanzen nothwendig seien. Thatsächlich hat erst im Laufe der verflossenen 30 Jahre die Agriculturchemie eine sichere Grundlage erhalten. Unsere Kenntnisse über den Bau und die Physiologie der Pflanzen ist von eben so neuem Datum. Welche unendliche Vortheile hat der Landwirth von dem Fortschritt der Wissenschaften gezogen! Die dichte Bevölkerung von England, Belgien, Holland und Sachsen ist Zeuge davon. Die Chemie hat nicht allein ermittelt, was die Pflanzen unbedingt für ihr Gedeihen fordern, sondern auch eine Menge Quellen bezeichnet, woher die nöthigen Nährstoffe für

die Pflanzen bezogen werden können. Cato und Columella wußten unzweifelhaft, daß Asche, Knochen, Vogelexcremente, Gründüngung sowohl wie Entwässerung und Durchlüftung des Bodens für die Pflanzen gut sind. Daß aber Kohlensäure, Pottasche, phosphorsaurer Kalk und Stickstoffverbindungen die wichtigsten Nährstoffe für die Pflanzen sind, wußten sie nicht. Sie wußten nicht, daß die Luft Felsen auflöst und unthätige Gesteinstrümmer in fruchtbaren Boden umwandelt. Diese wichtigen Grundlagen, in ihren Einzelheiten aufgefaßt und verstanden, sind eine unschätzbare Gabe für die Landwirthschaft, und kluge Landwirthe haben nicht gezögert dieselben in der Praxis anzuwenden.

Der ausgedehnte Handel mit Phosphaten, Guano und mit Chilisalpeter, die großen Schwefelsäure- und Superphosphatfabriken, die Fabriken von Fischdünger, der Bergbau auf fossile Knochen, Apatite und Kalisalze sind größtentheils oder ausschließlich Industrien, die, durch die Chemie begründet und beaufsichtigt, im Dienste der Landwirthschaft stehen. Jeder Tag bringt neue Fortschritte. Dieselben Mittel der Forschung, welche in der Hand wissenschaftlicher Männer die Kunst der Photographie, der Elektro-Metallurgie, die Dampfmaschine und den elektrischen Telegraph geschaffen haben, arbeiten auch mächtig am Fortschreiten der Landwirthschaft. Dieser Fortschritt besteht nicht so sehr in einer besonderen Entdeckung, die uns befähigt, „zwei Halme Getreide zu erzeugen, wo früher nur einer wuchs", sondern mehr in der allmäligen Erkenntniß der Gründe für das, was uns schon bekannt war, oder was wir zu wissen glaubten, in der klaren Unterscheidung des Wahren von dem Scheinbarwahren und in der Ersetzung unsicherer Vermuthungen durch sicheres und positives Wissen.

Es giebt eine Classe Landwirthe, welche selbstgenügsam sich einbilden, die Praxis habe den Vorrang vor der verrufenen Theorie, weil die erste, auf Erfahrung gegründet, der einzige

sichere Wegweiser sei. Dies ist eine sehr einseitige Ansicht. Die Theorie ist gerade so auf Erfahrung gegründet, wenn sie wirklich wissenschaftlich ist. Die zufällig, in einem unwissenden und ungeschulten Kopfe aufsteigenden Einfälle sind keine Theorie (siehe Rosenberg, Lipinsky).

Theorie im guten und wahren Sinne ist jedesmal die Schlußfolge aus Thatsachen und zwar die beste Schlußfolgerung, welche die Gesammtheit der Thatsachen, die wir besitzen, zuläßt. Sie ist die Erklärung der Thatsachen. Sie ist der Ausdruck der Ideen, welche die Thatsachen hervorrufen, wenn diese einer fruchtbaren Einbildungskraft und einem wohlabgewogenen Urtheil unterworfen werden. Eine wissenschaftliche Theorie erstrebt und ist der Ausdruck für die größtmöglichste Annäherung an die Wahrheit. Die Theorie kann unvollkommen sein, weil unsere Kenntniß der Thatsachen unvollständig ist, unsere geistige Einsicht schwach und unser Urtheil nicht unfehlbar. Aber auf der andern Seite ist die wissenschaftliche Theorie aufgebaut aus den Beiträgen einer großen Zahl ernster Denker und Forscher, in deren Reihen wir die begabtesten Geister und geschicktesten Arbeiter zählen, für die Zeit, in welcher sie sich bildet, die würdigste Annäherung an die göttliche Wahrheit in der Natur, von welcher sie nach menschlicher Auffassung den vollkommensten Ausdruck darbietet.

Die Wissenschaft wendet im Grunde, um ihr Fortschreiten zu bewirken, dieselben Methoden an, deren sich der Praktiker bedient. Ihre Erfolge sind aber in der Regel glänzender, weil ihre Instrumente zur Beobachtung feiner sind und geschickter gehandhabt werden; es steht ihr eine reichere und brauchbarere Erfahrung zu Gebote, weil ihre Experimente vielseitiger und mit mehr Fleiß ausgeführt werden; endlich bringt sie gewöhnlich eine besser geschulte Einbildungskraft und geübteres Urtheil mit zur Arbeit. Wer sein ganzes Leben der Erforschung und Entdeckung widmet, wird größere Resultate

erzielen, als ein anderer, der in den Zwischenräumen von anstrengenden Berufsgeschäften sich oberflächlich mit einem Gegenstande beschäftigt.

Es liegt daher im Interesse des Landwirths sich der Hülfe wissenschaftlicher Männer zu bedienen, wenn letztere bereit sind, sich in den Einzelheiten der Praxis zu unterrichten, um ein richtiges Verständniß für die Fragen mitzubringen, welche auf eine Lösung dringen.

Den Vortheil einer Verbindung von Wissenschaft und Praxis erkannte man zuerst in Schottland und es bildete sich im Jahre 1843 in Edinburg die „Agricultural Chemistry Association of Scotland“. Für diese wirkte zuerst Prof. James F. W. Johnston, gegenwärtig Dr. Anderson. Die Royal Agricult. Society of England beschäftigte im Jahre 1843 Dr. Lyon Playfair als rathgebenden Chemiker, seit 1848 Prof. Way und Dr. Voelker, deren Arbeiten wohl bekannt sind. Besonders zeigen die Arbeiten von Dr. Voelker, der längere Zeit Professor an der landwirthschaftlichen Schule in Cirencester war, ein richtiges Verständniß für praktische Fragen und ihre wissenschaftliche Lösung, deren Richtung sich praktische Agriculturchemiker auch in Deutschland vielfach zum Muster nehmen dürften. In Deutschland entstand erst im Jahre 1851 die erste agriculturchemische Gesellschaft, die Leipziger „Oekonomische Societät“. Seit dieser Zeit hat Deutschland vorzugsweise die Pflege der Wissenschaft übernommen, und die jetzt bestehenden 23 Versuchstationen haben zahlreiche Beiträge von Thatsachen geliefert, von denen später in diesem Buche mehr die Rede sein wird.

Die Landwirthschaftswissenschaft in ihrem weitesten Umfang begreift eine große Zahl von Gegenständen in sich. Sie schließt beinahe von jedem Zweig des menschlichen Wissen etwas ein; die Wissenschaften Geologie, Meteorologie, Mechanik,

Physik, Chemie, Botanik, Zoologie und Physiologie sind innig mit der Landwirthschaft als Wissenschaft verknüpft. Ebenso hat sie sich mit Nationalökonomie, mit Handel und Gesetzgebung zu befassen. Alle diese Disciplinen zu behandeln soll hier nicht versucht werden, nur einige Lehrgegenstände sollen in Betracht gezogen werden, die vorzugsweise von directem Nutzen für den Landwirth sind.

Die Theorie der Landwirthschaft, soweit sie sich auf Chemie, Physik und Physiologie gründet, ist der Gegenstand dieses und der folgenden Bände.

Einige vorläufige Sätze und Erklärungen werden dem Leser nützlich sein.

Die Naturwissenschaft beschäftigt sich mit Stoffen und Kräften.

Einen Stoff nennt man alles, was einen gewissen Raum einnimmt und schwer ist.

Kraft ist die Ursache von Veränderung im Stoffe — sie ist nur wahrnehmbar durch ihre Wirkungen auf diesen. Die Kraft wohnt in dem Stoffe und ist untrennbar von demselben. Die Kraft äußert sich in Bewegung.

Jeder Stoff ist fortwährend durch Kräfte belebt — daher niemals in Ruhe.

In Stoffen, die wir als ruhend betrachten, gehen dennoch Bewegungen vor sich, aber sie sind zu fein für unsere Wahrnehmung.

Die verschiedenen Körper, welche die Wissenschaft kennt, sind in nicht mehr wie 62 Elemente oder einfache Stoffe zerlegt worden.

Elemente sind diejenigen einfachen Stoffe, die sich mit den uns gegenwärtig zu Gebote stehenden Mitteln nicht ferner zerlegen lassen.

Im gewöhnlichen Leben begegnen wir nur 12 Elementen in ihrem einfachen Zustande:

Sauerstoff	Quecksilber
Stickstoff	Kupfer
Schwefel	Blei
Kohlenstoff	Zinn
Eisen	Silber
Zink	Gold

Die zahllosen andern Körper, mit denen wir vertraut sind, bestehen aus Verbindungen der obigen, oder aus Verbindungen mit den 12 folgenden Elementen:

Wasserstoff	Kalk
Phosphor	Magnesium
Chlor	Aluminium
Silicium	Mangan
Kali	Chrom
Natron	Nickel

Wir unterscheiden eine Anzahl von Kräften, welche auf oder durch die Stoffe wirken und die alle sichtbaren Erscheinungen bewirken.

In dem folgenden Schema sind die erkannten Kräfte in Classen geordnet und in einer Weise bezeichnet, die dem Leser von Nutzen sein kann.

Wirken in meßbare und unmeßbare Entfernungen	Abstoßend	Licht Wärme	Strahlend	Physikalisch
	Anziehend und abstoßend	Elektricität Magnetismus	Inductiv	
	nur anziehend	Gravitation	Kosmisch	
Wirken nur in unmeßbare Entfernungen	Anziehend	Cohäsion Krystallisation Adhäsion Lösung Osmose	Molecular	
		Affinität	Atomistisch	Chemisch
		Lebenskraft	Organisch	Physiologisch

Die Wissenschaften, die mehr unmittelbar mit der Landwirthschaft in Beziehung stehen, sind:

I. Physik. Es ist diejenige Wissenschaft, die von den allgemeinen Eigenschaften der Körper handelt und von den Erscheinungen der Körper, die nicht von einer wesentlichen Veränderung in ihren bekannten Eigenschaften begleitet sind. Alle Kräfte im obigen Schema, mit Ausnahme der beiden letzten, offenbaren sich in der Materie, ohne dieselbe zu zerstören oder zu verändern. Das Eisen mag erhitzt werden, leuchtend oder magnetisch, mag zur Erde fallen, geschmiedet, geschmolzen oder krystallisirt werden, es bleibt immer Eisen und wird als solches sofort erkannt. Die Kräfte, deren Thätigkeit den augenscheinlichen Charakter der Körper nicht verändert, sind physikalische.

II. Chemie beschäftigt sich mit den Eigenschaften, die den verschiedenen Arten von Körpern eigenthümlich sind, und den Erscheinungen, welche von einer wesentlichen Veränderung der Materie, auf welche gewirkt wird, begleitet sind.

Eisen rostet, Holz verbrennt, und beide verlieren alle äußeren Merkmale, die zu ihrer Erkennung dienen. Sie sind thatsächlich in andere Körper mit anderen Eigenschaften umgewandelt worden.

Die Affinität oder chemische Verwandtschaft vereinigt zwei oder mehrere Elemente in eine Verbindung, sie vereinigt mehrere Verbindungen wiederum in eine mehrfach zusammengesetzte Verbinduug. Unter dem Einfluß von Wärme und Licht oder anderer Agentien wird die chemische Verwandtschaft vernichtet oder überwunden, so daß zusammengesetztere Verbindungen sich in einfachere Verbindungen oder in ihre Elemente auflösen. Chemie ist die Lehre von den Verbindungen und Zersetzungen der Körper; sie betrachtet die Gesetze und Wirkungen der chemischen Verwandtschaft.

III. Die Physiologie enthüllt uns die Gesetze der Entwickelung, Erhaltung und des Absterbens lebender Wesen.

Wenn wir annehmen, daß der Zweck der Landwirthschaft darin besteht, die größtmöglichste Menge von vegetabilischen und thierischen Producten mit dem geringsten Kostenaufwand dem Boden abzugewinnen, so kommen wir damit auf die Punkte, auf deren Verständniß für den Landwirth am meisten ankommt.

Der Landwirtb beschäftigt sich mit der Pflanze, dem Boden und dem Dünger.

Diese stehen in engsten Beziehungen zu einander und zur Atmosphäre, welche sie beständig umgiebt und auf sie einwirkt. Wie die Pflanze wächst, — die Bedingungen, unter welchen sie gedeiht oder zu Grunde geht, — die Stoffe, aus welchen sie besteht, — die Art ihres Baues und Entwickelung, — wie sie Nahrung aus dem Boden und der Luft aufnimmt, wie sie selbst Thieren zur Nahrung dient, — ferner wie die Luft, der Boden, die Pflanze und das Thier miteinander durch einen ununterbrochenen Kreislauf der schönsten und wunderbarsten Umwandlungen in Verbindung stehen, — dieses sind die wichtigen Fragen, welche sich uns darbieten. Sie sind dem Philosophen wie jedem Manne von Bildung nicht weniger interessant, als sie dem Landwirth wichtig sind, dessen Wohlstand von der praktischen Lösung dieser Fragen abhängt; auch für den Staatsmann fallen sie durch ihre weitgreifende Bedeutung in seinen politischen Erwägungen schwer ins Gewicht.

Erste Abtheilung.

Die chemische Zusammensetzung der Pflanze.

Erstes Kapitel.

Die flüchtigen Bestandtheile der Pflanzen.

§ 1.

Unterscheidung und Begriffsbestimmungen.

Organische und unorganische Stoffe. Alle Stoffe lassen sich in zwei große Classen, organische und unorganische, theilen.

Organische Stoffe sind das Product des Wachsthums lebender Gebilde pflanzlichen oder thierischen Ursprungs. Sie sind größtentheils verbrennlich, sie können zum Theil leicht angezündet werden, alle aber verbrennen zu unsichtbaren Gasen.

Die organischen Substanzen machen entweder selbst die Organe des Lebens und Wachsthums aus und haben einen eigenthümlich geformten Bau, der sich künstlich nicht hervorbringen läßt; sie bestehen aus Zellen, Röhren und Fasern (Holz und Fleisch), oder sie sind Producte des Lebensprocesses und formlos (Zucker und Fett). Alle Stoffe, welche nicht ein Theil oder ein Product eines lebenden Körpers, sind unorganische oder mineralische (Stein, Boden, Wasser, Luft).

Die meisten in der Natur vorkommenden Formen der unorganischen Stoffe, welche die Agriculturchemie direct angehen, sind unverbrennlich und entbehren jedes organischen Baues.

Bei dem Proceß der Verbrennung und der Verwesung werden die organischen Körper desorganisirt und in unorganische Stoffe zurückgeführt, während umgekehrt bei dem vegetabilischen Wachsthum unorganische Stoffe organisirt und organisch werden.

Die organischen Körper charakterisiren sich vorzugsweise durch ihre complicirte Zusammensetzung; sie sind außerordentlich zahlreich und verschiedenartig, während die unorganischen Körper von viel einfacherer Zusammensetzung sind und vergleichsweise gering an Zahl.

Flüchtige und feste Stoffe. Alle Pflanzen und Thiere im Ganzen wie in ihren einzelnen Organen bestehen aus flüchtigen und festen Stoffen, welche durch Verbrennung getrennt werden können; bei weitem der größere Theil verflüchtigt sich und mischt sich als unsichtbares Gas mit der Luft, der andere feste Theil, gewöhnlich nur 1 bis 5 Procent des Ganzen, bleibt als Asche zurück.

Experiment 1. Ein Holzspan in die Flamme gehalten fängt Feuer und verbrennt; er liefert Gase, welche mit Flamme brennen, und Asche, welche der einzig sichtbare Rückstand der Verbrennung ist.

Viele organische Stoffe, welche Producte des Lebensprocesses, aber keine zum Leben nöthige Organe sind, wie Zucker, Zitronensäure ꝛc., lassen sich vollständig verflüchtigen und hinterlassen in völlig reinem Zustand keine Asche.

Gewöhnliche Anwendung der Worte Organisch und Unorganisch. Gewöhnlich bezeichnen die landwirthschaftlichen Schriftsteller mit dem Worte Organisch die flüchtigen, verbrennbaren Theile von pflanzlichen oder thierischen Gebilden, und nennen die Aschenbestandtheile unorganisch. Dieser Gebrauch der Wörter ist durchaus unrichtig. Was man in der Asche eines Holzes oder Samens findet, war, insofern es einen wesentlichen Theil des Organismus ausmachte, eben so gut organisch wie der flüchtige Theil; denn unterwirft man

organische Körper der Verbrennung, so wird alles in unorganische Stoffe umgewandelt, die flüchtigen wie die festen Theile.

Elemente, aus denen die Pflanzen bestehen. Die Chemie zeigt, daß die flüchtigen und zerstörbaren Theile der organischen Körper hauptsächlich aus vier einfachen Stoffen bestehen, nämlich: Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff; ferner enthalten sie zwei andere Elemente in geringer Menge, nämlich: Schwefel und Phosphor. In der Asche finden wir Phosphor, Schwefel, Silicium, Chlor, Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Eisen und Mangan, dann Sauerstoff und Kohlenstoff.*)

Diese 14 Körper sind Elemente, das heißt, sie können nicht in einfachere Stoffe zerlegt werden. Alle Arten von pflanzlichen und thierischen Stoffen sind Verbindungen aus diesen Elementen und können wieder in dieselben zerlegt werden. Da die hier genannten 14 Elemente unentbehrlich für das Leben der Pflanzen und Thiere sind, so ist es von der größten Wichtigkeit, ihre Eigenschaften genau kennen zu lernen.

§ 2.

Elemente des flüchtigen Theils der Pflanzen.

Der Bequemlichkeit halber betrachten wir erst die Elemente, welche den verbrennbaren Theil der Pflanzen ausmachen, nämlich:

Kohlenstoff	Wasserstoff
Sauerstoff	Schwefel
Stickstoff	Phosphor.

Die Elemente, welche ausschließlich zur Asche gehören, werden in einem der folgenden Kapitel abgehandelt.

*) Selten und in kleinen Mengen kommen Jod, Brom, Fluor, Lithium, Rubidium, Barium, Kupfer, Zink und Titan vor.

Kohlenstoff im freien Zustande ist fest. Er ist uns in verschiedenen Formen bekannt, als Lampenruß, Holzkohle, Steinkohle, Graphit und Diamant. Obgleich die hier genannten Stoffe große Verschiedenheit in ihrem Aussehen und ihren physikalischen Eigenschaften darbieten, so sind sie doch in ihren chemischen Eigenschaften gleich, sie liefern bei der Verbrennung alle das gleiche Product, nämlich Kohlensäure.

Daß Kohlenstoff einen sehr großen Theil der Pflanzen ausmacht, beweist die Thatsache, daß er in ziemlich reinem Zustande bei unvollständiger Verbrennung von Holz, wie es bei der Herstellung der Holzkohle geschieht, zurückbleibt.

Experiment 2. Wenn man einen Span trocknes Fichtenholz anzündet und das brennende Ende allmälig in die Mündung einer engen Röhre (siehe Fig. 1) einführt, wodurch der Zutritt der Luft abgeschnitten wird, oder wenn man den Span in Sand steckt, ist die Verbrennung unvollständig und ein Stäbchen von Kohle bleibt zurück.

Fig. 1.



Mit Verkohlung bezeichnet man das Schwarzwerden von organischen Körpern durch Hitze, und diese Schwärzung ist Folge der Ausscheidung von Kohle in freiem Zustande.

Die Gegenwart von Kohlenstoff in thierischen Stoffen zeigt sich ebenfalls, wenn man sie einer unvollkommenen Verbrennung unterwirft.

Experiment 3. Halte eine Messerklinge über die Flamme eines Talglichtes; hierdurch wird der volle Zutritt der Luft zur Flamme verhindert, ein Theil des Kohlenstoffs entgeht der Verbrennung und wird in Gestalt von Ruß an der Messerklinge abgesetzt.

Terpentinöl und Petroleum enthalten so viel Kohlenstoff, daß, wenn dieselben angezündet werden, ein Theil im freien Zustande als Rauch und Ruß entweicht.

Wenn man Knochen in bedeckten eisernen Gefäßen stark erhitzt, bis sie völlig aufhören Dämpfe abzugeben, so bleibt in

dem Gefäße eine Mischung von unreinem Kohlenstoff mit der erdigen Substanz der Knochen (phosphorsaurer Kalk) zurück, die vielfach in den Gewerben angewendet wird, als Knochenschwärze zur Stiefelwichse, als Knochenkohle zum Reinigen des Zuckers, um schließlich nach diesem Gebrauch noch als Düngemittel verwendet zu werden.

Braunkohle, Steinkohle und Koaks, letztere die harte, poröse, glänzende Masse, die zurückbleibt, wenn bituminose Steinkohle unter beschränktem Luftzutritt erhitzt wird, und die metallisch glänzende Gaskohle, mit welcher man die Eisencylinder, in welchen Leuchtgas bereitet wird, ausgekleidet findet, bestehen vorzüglich aus Kohlenstoff. Sie enthalten gewöhnlich daneben mehr oder weniger sowohl unverbrennliche Stoffe als auch Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff.

Die verschiedenen Formen, in denen der Kohlenstoff auftritt, besitzen je nach ihrem Ursprung und dem Temperaturgrad, bei dem sie bereitet wurden, einen größeren oder kleineren Grad von Porosität und Härte. Der Kohlenstoff ist in seinen meisten Formen außerordentlich unzerstörbar, wenn er nicht höheren Temperaturen ausgesetzt wird. Daher halten Stäbe und Pfosten, wenn sie vor dem Einschlagen in die Erde oberflächlich verkohlt, länger, als wenn dies unterlassen wird.

Die porösen Kohlen, besonders Holzkohle und Knochenkohle, haben eine große Fähigkeit, Gase und Farbstoffe anzuziehen, von welcher Eigenschaft man bei der Zuckerraffinerie Gebrauch macht. Ferner zerstören sie schädliche Gerüche und sie werden deshalb als Desinfectionsmittel verwendet.

Kohlenstoff ist der charakteristische Bestandtheil aller organischen Verbindungen. Es giebt nicht einen einzigen Körper, der das ausschließliche Product eines Lebensprocesses ist, keinen Bestandtheil eines Thieres oder einer Pflanze, der bei

ihrem Wachsthum gebildet wurde, der nicht dieses Element enthält.

Sauerstoff. Während Kohlenstoff fest ist und durch das Gesicht und Gefühl erkannt wird, ist der Sauerstoff dagegen unsichtbar, geruch- und geschmacklos und durch unsere bloßen Sinne in keiner Weise von der gewöhnlichen Luft zu unterscheiden. Er ist ein Gas.

Er ist im freien (ungebundenen) Zustande in der Luft, die wir athmen, aber es giebt kein Mittel, denselben rein zu erhalten, ausgenommen aus seinen Verbindungen. Viele Metalle haben die Eigenschaft, sich leicht mit Sauerstoff zu vereinigen und Verbindungen (Oxyde) zu bilden, welche sich in der Hitze wieder in ihre Bestandtheile spalten, und die uns das Mittel bieten, den Sauerstoff rein zu gewinnen. Eisen und Kupfer, stark erhitzt und der Luft ausgesetzt, nehmen Sauerstoff auf, aber von den Oxyden dieser Metalle (Eisen- und Kupferhammerschlag) ist es nicht möglich reinen Sauerstoff zu trennen. Wenn man jedoch metallisches Quecksilber längere Zeit bei Siedhitze erhält, so verwandelt es sich nach und nach in ein rothes Pulver (rothes Präcipitat oder Quecksilberoxyd), welches bei stärkerem Erhitzen wieder zerfällt und metallisches Quecksilber und gasförmigen Sauerstoff in reinem Zustande liefert.

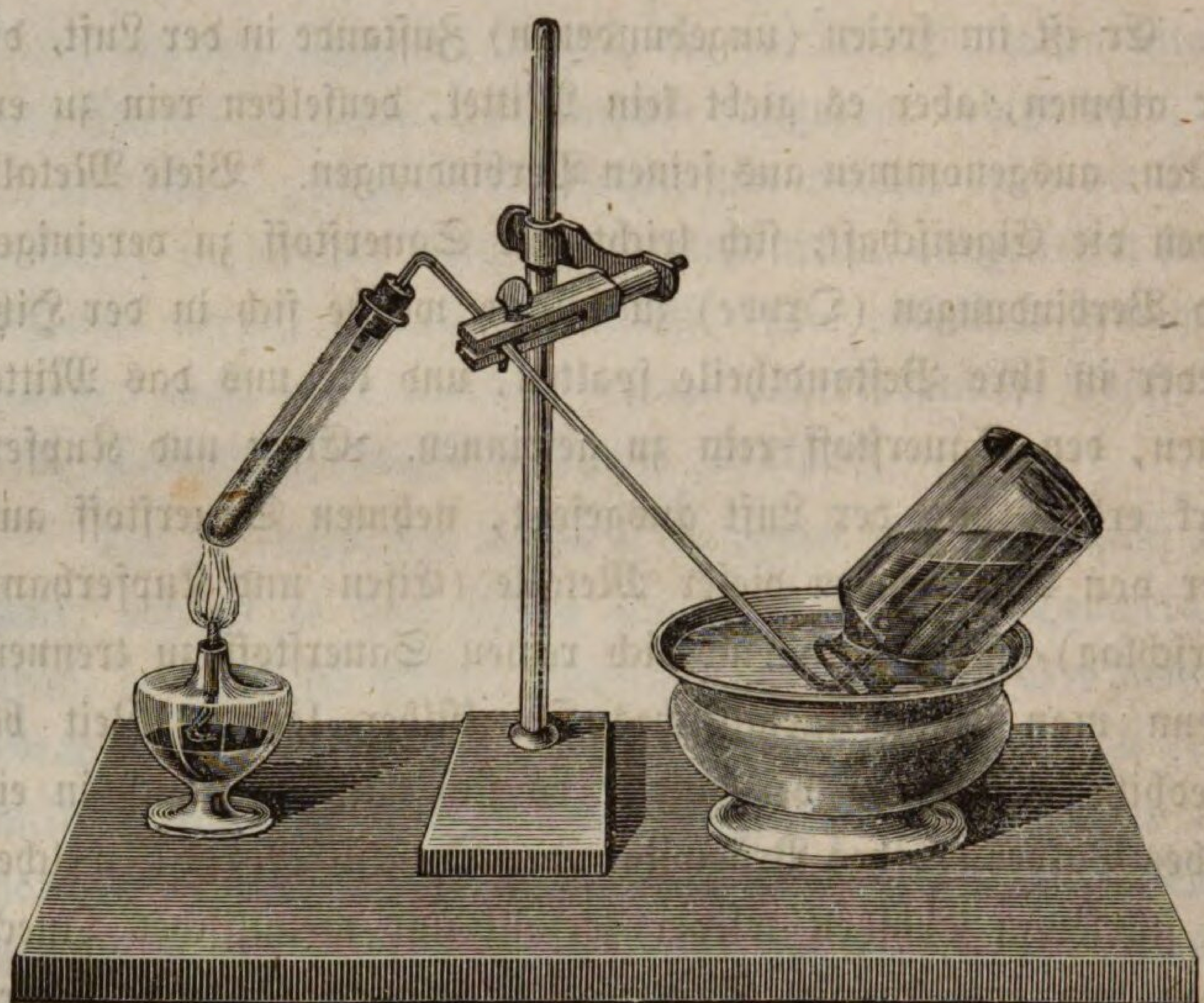
Die Substanz, welche man gewöhnlich als die bequemste Quelle für Sauerstoffgas anwendet, ist ein weißes Salz, das chlorsaure Kali. Der Hitze ausgesetzt schmilzt dieser Körper und entwickelt Sauerstoff in großer Menge.

Experiment 4. Die folgende Figur stellt den Apparat dar, den man zur Entwickelung und zum Auffangen des Gases anwendet.

Eine Röhre von schwer schmelzbarem Glase, 8 Zoll lang, ½ Zoll weit, enthält das Quecksilberoxyd oder das chlorsaure Kali. Mit dieser Röhre ist durch einen luftdicht schließenden Kork eine enge Röhre verbunden, deren unteres offenes Ende in ein flaches Gefäß, halb mit

Wasser gefüllt, eintaucht. Ueber die in einer Vertiefung ausmündende Gasleitungsröhre mit enger Oeffnung wird eine mit Wasser gefüllte Flasche gestülpt. Jedoch bevor dies geschieht, erhitzt man erst das Gemenge und treibt die in den Röhren befindliche Luft aus, bis reiner Sauerstoff kommt. Man fängt nun das Gas in der Flasche auf, aus der es das Wasser verdrängt. Ist die Flasche gefüllt, korkt man sie zu und stellt sie zur Seite und füllt auf dieselbe Weise eine andere. Man

Fig. 2.



füllt sich so 4 Flaschen, deren Hals man in ein Gefäß mit Wasser eintaucht. Von einer Unze chlorsaurem Kali*) erhält man ungefähr 4½ Liter Gas, welches anfänglich nicht ganz rein ist. Wenn die Gasentwickelung abnimmt und durch vermehrte Hitze nicht mehr beschleunigt werden kann, entfernt man die Gasleitungsröhre aus dem Wasser, um das Zurücksteigen des Wassers und das Springen des Apparats zu verhüten.

*) Das chlorsaure Kali wird vortheilhaft mit dem 4. Theil seines Gewichts gepulverten Manganoxyds gemischt, da dies die Operation erleichtert und dazu die Hitze einer gewöhnlichen Spirituslampe hinreicht.

Da dieses Gas keinen besondern Eindruck auf die Sinne macht, benutzen wir zu seiner Erkennung sein Verhalten gegen andere Körper.

Experiment 5. Man nimmt nun die Flasche aus dem Wasser, stellt sie aufrecht und bringt einen brennenden Holzspan in dieselbe. Die Flamme wird sofort stärker leuchtend. Zieht man den Span aus der Flasche, bläst aus und bringt den noch glühenden Theil wieder in den Sauerstoff, so brennt er sofort wieder. Dies kann mehrmals wiederholt werden. Es ist der gewöhnliche Nachweis für Sauerstoff.

Verbrennung. Wenn die chemische Verbindung zweier Körper mit solcher Energie vorgeht, daß sie die sichtbare Erscheinung von Feuer verursacht, so nennt man diesen Proceß Verbrennung. Körper, die brennen, nennt man brennbare, und das Gas, in welchen eine Substanz brennt, einen Unterhalter der Verbrennung.

Sauerstoff ist der große Unterhalter der Verbrennung, und alle Fälle der Verbrennung, die uns im gewöhnlichen Leben begegnen, sind Beispiele einer chemischen Verbindung des Sauerstoffs der Luft mit einem oder mehreren andern Körpern.

Die Schnelligkeit und Stärke der Verbrennung hängt von der Menge des Sauerstoffs und der Menge des brennbaren Körpers ab, der sich mit demselben in einer gegebenen Zeit verbindet. Preßt man einen Strom von Luft ins Feuer, so vermehrt man die Menge des Sauerstoffs und erregt dadurch eine stärkere Verbrennung, mag dies nun durch einen Blasebalg oder durch gewöhnliche Zugvorrichtungen geschehen.

Der Sauerstoff macht ungefähr den fünften Theil der atmosphärischen Luft aus. Wenn ein brennender Körper in reines Sauerstoffgas gebracht wird, so verläuft natürlich die Verbrennung viel rascher, als in gewöhnlicher Luft, welche zu $^4/_5$ aus einem Gase besteht, das gegen die meisten Körper fast keine chemische Verwandtschaft äußert und welches wir weiter unten näher betrachten werden. In gewöhnlicher Luft

erlischt ein Stück glühende Kohle sehr bald, dagegen verbrennt dieselbe mit großer Schnelligkeit und starkem Glanze, wenn man sie in Sauerstoff bringt.

Experiment 6. Befestige ein kleines Stück Holzkohle an das Ende eines scharf gespitzten Drahtes, der durch einen breiten Kork oder eine Karte gesteckt ist; erhitze die Kohle in der Flamme der Lampe zum Glühen und führe sie in die Flasche mit Sauerstoff ein. Wenn die Verbrennung aufgehört hat, so wird bei Anwendung eines passenden Reagenzes sich zeigen, daß ein anderes unsichtbares Gas die Stelle des Sauerstoffs eingenommen hat. Solch ein Prüfungsmittel (Reagenz) ist Kalkwasser.*)

Fig. 3.



Füllt man etwas davon in die Flasche und schüttelt heftig, so wird die vorher klare Flüssigkeit milchig getrübt und ein weißer Satz oder Niederschlag, wie die Chemiker sagen, sammelt sich auf dem Boden der Flasche.

Indem sich der Kohlenstoff mit Sauerstoff vereinigt, liefert er Kohlensäure, welche sich wiederum mit Kalkhydrat zu kohlensaurem Kalk verbindet. Diese beiden Körper werden in einem spätern Kapitel abgehandelt werden.

Metallisches Eisen ist in der Luft unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht brennbar; wenn man es rothglühend in reinen Sauerstoff bringt, brennt es aber so leicht wie Holz in der Luft.

Experiment 7. Nehme eine feine Stricknadel, erhitze sie zum Rothglühen und spitze sie dann mit einer Feile scharf zu. Die Spitze der Nadel stecke man in ein Holzstäbchen (ein Zündholz etwa ¼ Zoll lang), das

*) Um sich Kalkwasser zu bereiten, bringe man ein nußgroßes Stück ungelöschten Kalk in ein ½ Liter Wasser; nachdem es in Pulver zerfallen, schüttle man dasselbe eine Minute lang in einer wohlverschlossenen Flasche. Man läßt dann den Kalk absitzen, bis die Flüssigkeit klar ist, und kann diese nun zum Gebrauch abnehmen.

andere Ende der Nadel wird durch einen flachen Kork gesteckt, das Hölzchen angezündet und in die Flasche mit Sauerstoff getaucht. Nachdem das Holz verbrannt fängt das Eisen selbst Feuer und verbrennt unter lebhaftem Funkensprühen. Es wird in Eisenoxyd umgewandelt, einen Theil davon finden wir als rothgelbe Auskleidung an den Wänden der Flasche, das übrige schmilzt zu schwarzen, spröden Kügelchen, welche beim Herabfallen oft ganz in das Glas einschmelzen.

Fig. 4.



Der einzige wesentliche Unterschied zwischen diesen und den gewöhnlichen Fällen der Verbrennung besteht nur in der größeren Stärke, mit der der Proceß vor sich geht, die durch den rascheren Zutritt des Sauerstoffs zu dem brennbaren Körper bewirkt wird.

Viele Körper verbinden sich langsam mit Sauerstoff — sie oxydiren, wie man sagt — ohne diese Erscheinungen von Licht und starker Hitze, welche die Verbrennung begleiten. Eisen rostet, Blei läuft an, Holz verwest. Alle diese Processe sind Fälle von Oxydation und können nicht vor sich gehen bei Abwesenheit von Sauerstoff.

Da die Wirkung des Sauerstoffs auf Holz und andere organische Körper bei gewöhnlicher Temperatur im chemischen Sinne einer wirklichen Verbrennung gleich kommt, so hat Liebig den Ausdruck Verwesung (langsame Verbrennung) vorgeschlagen, um den Proceß zu bezeichnen, der bei der Zersetzung und Fäulniß stattfindet und welcher sich auf viele Umwandlungen bezieht, wie zum Beispiel bei der Essigbereitung und bei der Salpeterfabrikation.

Sauerstoff ist zum organischen Leben unentbehrlich. Der Athmungsact führt ihn den Lungen und dem Blut der Thiere zu, wo er den wichtigen Vorgang der Athmung unterhält.

Thiere wie Pflanzen sterben rasch, wenn sie des Sauerstoffs beraubt werden; man hat ihn daher Lebensluft genannt.

Sauerstoff hat die allgemeine Eigenschaft, sich mit andern Körpern zu vereinigen und neue Verbindungen mit denselben zu bilden. Mit Kohlenstoff, haben wir gesehen, bildet er Kohlensäure. Mit Eisen vereinigt er sich in verschiedenen Verhältnissen und bildet mehrere bestimmt unterschiedene Oxyde, von welchen Eisenrost das eine, ein anderes Eisenhammerschlag ist. Bei der Verwesung, Fäulniß, Gährung und Athmung werden zahllose neue Producte gebildet, als Folge der chemischen Verwandtschaft zum Sauerstoff.

Den Sauerstoff hält man für den meist verbreiteten Körper in der Natur. Im freien Zustande, aber mit andern Gasen gemischt, macht er den fünften Theil der atmosphärischen Luft aus. In chemischer Verbindung mit andern Körpern macht er $^8/_9$ des Gewichts des Wassers auf der ganzen Erde aus und ein Drittheil der festen Erdrinde — ihres Bodens und Gesteine — sowohl als wie von allen Pflanzen und Thieren, welche auf derselben existiren. In der That giebt es nur wenige zusammengesetzte Verbindungen, die in der Natur vorkommen, in welchen der Sauerstoff nicht als nothwendiger Bestandtheil auftritt.

Stickstoff. Dieser Körper ist der hauptsächliche andere Bestandtheil der Luft, in welcher er vorzugsweise die Aufgabe zu haben scheint, die Wirkungen des Sauerstoffs zu mäßigen, indem er denselben verdünnt. Indessen erfüllt er indirect andere sehr wichtige Aufgaben, wie wir gleich sehen werden.

Um den Stickstoff darzustellen, haben wir nur nöthig, den Sauerstoff aus der Luft zu entfernen. Dies kann mehr oder weniger vollständig durch verschiedene Methoden bewirkt werden. Wir haben gerade gesehen, daß der Verbrennungsproceß eine chemische Vereinigung von Sauerstoff mit einem brennbaren Körper ist.

Wenn wir nun einen Körper finden können, der sehr leicht verbrennlich ist und gleichzeitig bei seiner Verbindung mit Sauerstoff ein Product liefert, das leicht aus der Luft, in der es gebildet wird, zu entfernen ist, so wird die Darstellung des Stickstoffs aus gewöhnlicher Luft leicht. Solch ein Körper ist nun Phosphor, auf den wir hier etwas näher eingehen werden.

Fig. 5.



Experiment 8. Auf dem Boden eines Tellers, der mit ½ Zoll Wasser bedeckt ist, bringt man ein in Form eines kleinen Schälchens ausgehöhltes Stück Kreide, welches man auf einem flachen Kork oder Holz schwimmen läßt; in dieses Schälchen bringt man ein pfefferkorn-großes Stückchen trocknen Phosphor, welchen man mit einem glühenden Draht anzündet und dann mit einer geräumigen Glasglocke überdeckt. Der Phosphor brennt anfänglich mit lebhaftem Lichte, welches nach und nach durch eine Wolke schneegleicher Phosphorsäure verdunkelt wird. Die Verbrennung geht indessen fort, bis beinahe aller Sauerstoff der eingeschlossenen Luft verzehrt ist. Die Luft wird zuerst durch die Hitze der Flamme ausgedehnt, in Folge dessen ein Theil aus der Glocke entweicht; nachher vermindert sich das Volum der Luft mit der Hinwegnahme des Sauerstoffes, so daß es nöthig wird, um das Eindringen der äußeren Luft in die Glocke zu verhüten, mehr Wasser nachzugießen. Nach einiger Zeit fällt der weiße Rauch völlig nieder und läßt, von dem Wasser absorbirt, den eingeschlossenen Stickstoff ganz klar zurück.

Experiment 9. Eine andere lehrreiche Methode reinen Stickstoff darzustellen ist folgende: Eine Hand voll Eisenvitriol (schwefelsaures Eisenoxydul) löst man in einem ¼ Liter Wasser, die Lösung bringt man in eine Liter-Flasche, in welche man 14 C. C. Amoniak oder Kalilauge giebt; die Flasche wird dann verkorkt und die Mischung einige Minuten stark geschüttelt; man lüftet dann den Stopfen, um frische Luft hinein zu lassen, und schüttelt dann wie vorher; dies wiederholt man verschiedene mal eine halbe Stunde oder länger, bis keine weitere Absorption von Luft mehr stattfindet; was dann zurückbleibt, ist fast reiner Stickstoff.

Freier Stickstoff unter gewöhnlichen Verhältnissen hat kaum irgend eine thätige Eigenschaft und ist am besten charakterisirt durch seinen Mangel an Verwandtschaft zu den meisten andern Körpern. Daß er unfähig ist, die Verbrennung zu unterhalten, ist durch die erste Darstellungsmethode oben bewiesen.

Experiment 10. Ein brennender Span wird in eine Flasche, die Stickstoff nach der zweiten Methode, Experiment 9 bereitet, enthält, eingetaucht; die Flamme erlischt augenblicklich.

Stickstoff kann die Athmung nicht unterhalten, so daß Thiere, in denselben gebracht, am Ersticken sterben. Man nennt ihn deshalb Stickstoff. Verwesung schreitet in einer Atmosphäre von Stickstoff nicht fort, und es ist überhaupt schwer, seine directe Vereinigung mit andern Körpern zu bewirken. In hoher Temperatur, besonders bei Gegenwart von Baryt, verbindet er sich mit Kohlenstoff zu Cyan, eine Verbindung, die im Berlinerblau existirt.

Die Atmosphäre ist die große Vorrathskammer und Quelle des Stickstoffs. Im Mineralreich finden wir denselben besonders im Boden in kleinen Mengen, als ein Bestandtheil des Salpeters und Amoniaks. Er ist ein kleiner aber stetiger Bestandtheil aller Pflanzen, und in den Thieren ist er der niemals fehlende Bestandtheil der arbeitenden Gewebe, der Muskel, Sehnen und Nerven und ist daher ein unentbehrlicher Bestandtheil der Nahrung.

Wasserstoff = Hydrogenium. Das Wasser, welches so reichlich in der Natur und so nothwendig zum organischen Leben, ist eine Verbindung von zwei Elementen, nämlich: Sauerstoff, den wir bereits kennen, und Wasserstoff, welchen wir nun zu betrachten haben.

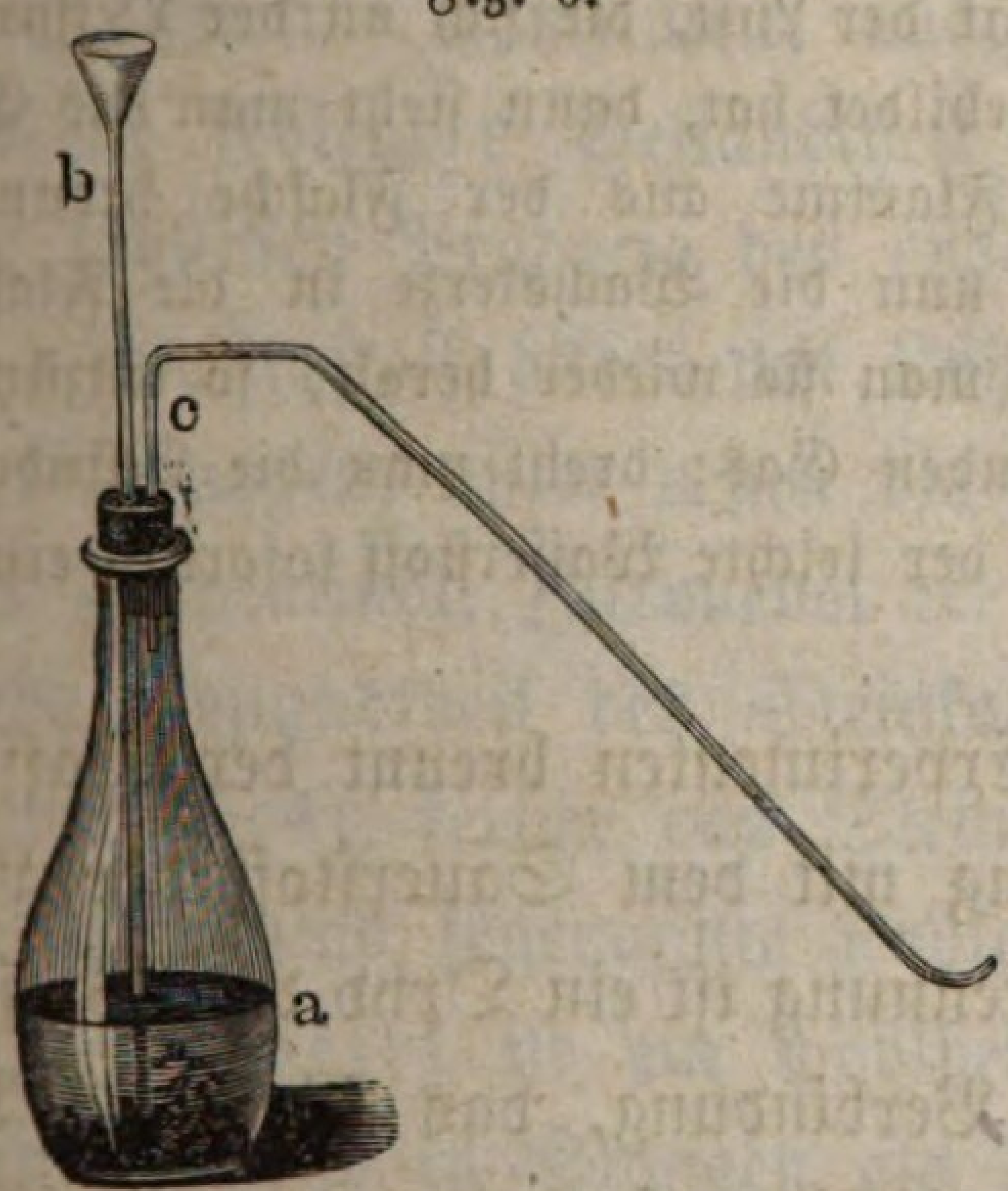
Wasserstoff gleich dem Sauerstoff ist, wenn rein, ein farb- und geruchloses Gas, ohne Geschmack. Er kommt in der Natur nicht im freien Zustande vor, ausgenommen in kleinen

Quantitäten, in Aushauchungen von heißen Quellen und Vulkanen. Seine Darstellung besteht beinahe immer darin, daß man dem Wasser seinen Sauerstoff vermittelst Körper entzieht, die keine besondere Verwandtschaft für Wasserstoff besitzen, und dieses daher im freien Zustande zurücklassen. Das Natrium, ein dem Chemiker bekanntes Metall, hat eine solche Verwandtschaft für Sauerstoff, daß es mit großer Schnelligkeit Wasser zersetzt.

Experiment 11. Man verschafft sich daher den Wasserstoff leicht, wenn man eine mit Wasser angefüllte Flasche in einem Becken mit Wasser umstülpt und nun in die Flasche ein Stückchen Natrium von Erbsengröße einführt. Das Natrium muß erst durch Abtrocknen von Steinöl, in welchem es aufbewahrt war, gereinigt und dann nochmals mit Papier wohl umwickelt werden. So vorbereitet bringt man es unter den Mund der Flasche, in welcher es nun aufsteigt; sobald das Wasser durch das Papier gedrungen, wird eine reichliche Menge Gas entwickelt.

Metallisches Eisen oder Zink zersetzen Wasser, indem sie sich mit Sauerstoff verbinden und Wasserstoff frei machen. Diese Zersetzung in reinem Wasser unter gewöhnlichen Umständen ist beinahe unmerklich, weil die Metalle sehr bald mit einer Schichte Oxyd überzogen werden, welche den weiteren Zutritt des Wassers zum Metall verhindern.

Fig. 6.



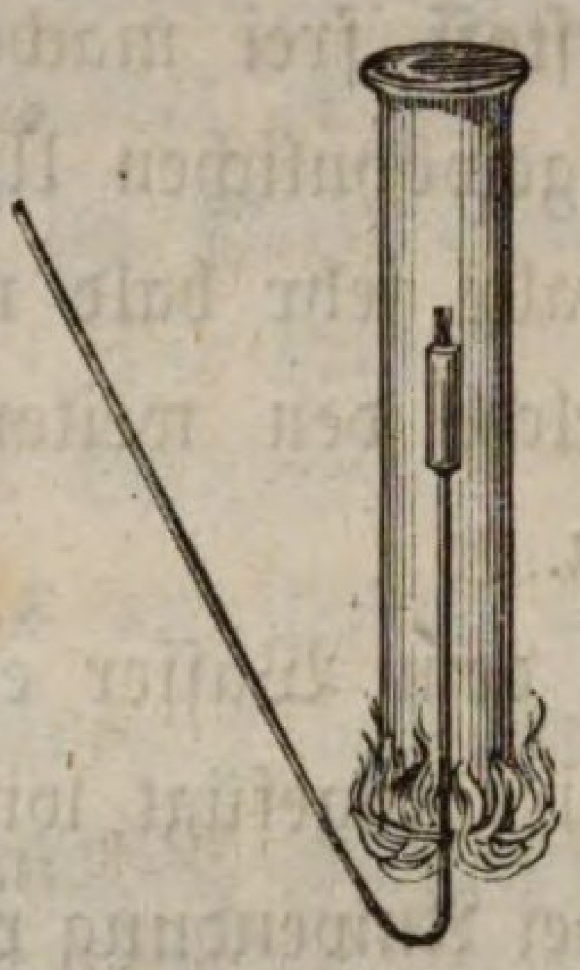
Wenn dem Wasser eine starke Säure zugefügt wird, — oder bei Anwendung von Zink thut es auch ein Alkali — so geht die Entwickelung von Wasserstoff rasch vor sich, weil das Oxyd eben so schnell gelöst wird, als es sich bildet, und dem Wasser daher immer eine vollständig reine Metallfläche dargeboten ist.

Experiment 12. In eine mit Stopfen, Trichter und Gasleitungsrohr hergerichtete Flasche (Fig. 6) bringt man eine Unze Schuhnägel oder gekörntes Zink, übergießt es mit Wasser und setzt 1 Unze Schwefel-

säure hinzu. Es beginnt sofort ein lebhaftes Aufbrausen, indem beinahe reines Wasserstoffgas entweicht, welches man in mit Wasser gefüllten Flaschen, wie beim Sauerstoff schon erläutert, auffängt. Das zuerst kommende Gas, das mit Luft gemischt ist, läßt man entweichen, weil es mit Luft gemengt ein sehr gefährlich explodirendes Gas bildet.

Eine der auffallendsten Eigenschaften des reinen Wasserstoffs ist seine Leichtigkeit. Es ist der leichteste Körper in der Natur, vierzehn und ein halb mal leichter als gewöhnliche Luft. Es wird daher zum Füllen von Luftballons verwendet. Eine andere Eigenschaft ist seine Brennbarkeit; es entzündet sich in Berührung mit einem Lichte und brennt mit einer intensiv heißen Flamme und kaum leuchtend, wenn das Gas rein ist. Der Wasserstoff selbst ist unfähig die Verbrennung einer Kerze zu unterhalten.

Fig. 7.

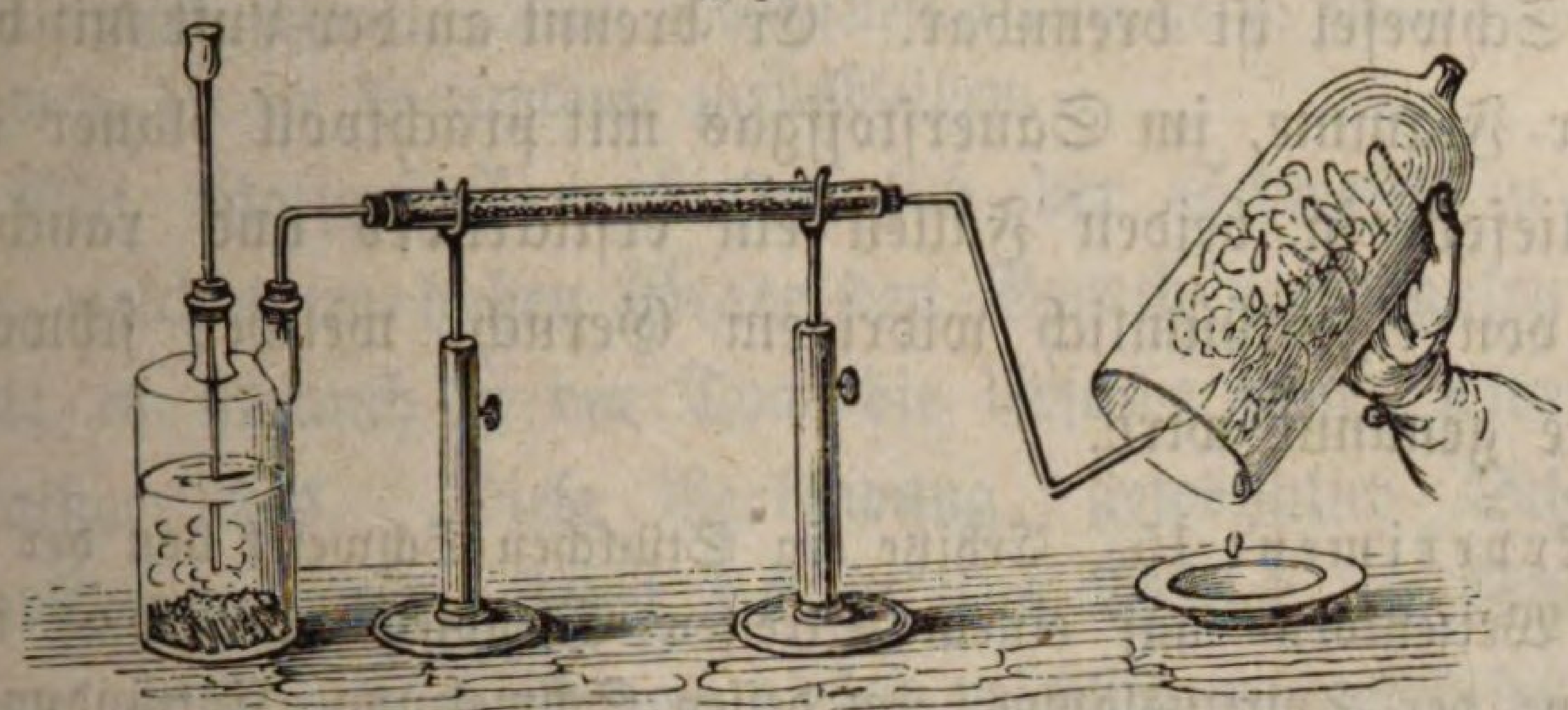


Experiment 13. Alle diese Kennzeichen kann man durch das folgende Experiment zeigen. Eine mit Wasserstoff gefüllte Flasche (Fig. 7) nimmt man aus dem Wasser, über welchem es aufgefangen war und bringt eine an einem gebogenen Draht befestigte brennende Wachskerze an ihre Mündung. Zuerst entsteht eine leichte Explosion von der plötzlichen Entzündung der Mischung des Gases mit der Luft, die sich an der Oeffnung der Flasche gebildet hat, dann sieht man das Gas mit blasser Flamme aus der Flasche brennen. Wenn man nun die Wachskerze in die Flasche einführt, so erlischt dieselbe, führt man sie wieder herab, so entzündet sich dieselbe wieder an dem brennenden Gas; dreht man die Mündung der Flasche aufwärts, so erhebt sich der leichte Wasserstoff sofort in einem Flammenstrom aufwärts.

In den hier erwähnten Experimenten brennt der Wasserstoff nur, wo er in Berührung mit dem Sauerstoff der Luft kommt; das Product der Verbrennung ist ein Oxyd des Wasserstoffs, die überall verbreitete Verbindung, das Wasser. Die Verhältnisse, unter denen das obige Experiment ausgeführt wurde, erlauben nicht die Sammlung und den Nachweis des Wassers; seine Darstellung kann jedoch leicht gezeigt werden.

Experiment 14. Der Apparat in Fig. 8 ist geeignet, um die Bildung von Wasser durch Verbrennung von Wasserstoff zu veranschaulichen. Der Wasserstoff wird in einer Wulffischen Flasche aus Zink und verdünnter Säure entwickelt. So entwickelt, ist er mit Wasserdämpfen

Fig. 8.



gemischt, und um diese zu entfernen, läßt man ihn langsam durch eine weite Röhre, die mit Chlorcalciumstücken gefüllt ist, streichen, welche das Gas vollständig trocknen.

Nachdem die Luft vollständig aus dem Apparat verdrängt ist, wird das Gas an dem aufgebogenen Ende der langen Röhre angezündet und eine reine Glasglocke über die Flamme gehalten. Das Wasser sammelt sich zuerst als Thau im Innern der Glocke und fließt dann in Tropfen in ein untergestelltes Gefäß.

In der mineralischen Welt finden wir Wasserstoff nirgends in größeren Quantitäten, ausgenommen im Wasser. Er ist ein nie fehlender Bestandtheil der Pflanzen und Thiere und der zahllosen Producte des organischen Lebens.

Wasserstoff bildet mit Kohlenstoff eine große Anzahl von Verbindungen, unter denen die bekanntesten die flüchtigen Oele, wie Terpentinöl, Zitronenöl 2c. sind. Der vorzugsweise leuchtende Bestandtheil des Steinkohlengases (Aethylen oder ölbildendes Gas), ferner das Steinöl, zusammen mit Benzin und Paraffin, sind sogenannte Kohlenwasserstoffe.

Schwefel ist ein wohlbekannter fester Körper, der im Handel theils in Stangen als Stangenschwefel oder als feines Pulver (Schwefelblumen) von hellgelber Farbe und eigenthümlichem Geruch und Geschmack vorkommt. Unverbundener Schwefel

ist vergleichsweise selten, der im Handel vorkommende stammt beinahe ausschließlich aus vulkanischen Gegenden, aber in einer oder der andern Form einer Verbindung ist dieses Element überall verbreitet.

Schwefel ist brennbar. Er brennt an der Luft mit blasser blauer Flamme, im Sauerstoffgas mit prachtvoll blauer Farbe und liefert in beiden Fällen ein erstickendes und rauchendes Gas von eigenthümlich widrigem Geruch, welches schwefelige Säure genannt wird.

Experiment 15. Erhitze ein Stückchen Schwefel von der Größe eines Weizenkorns auf einem Streifen Eisenblech oder Glas in der Flamme der Spirituslampe, um dessen Schmelzung, Entzündung und Entwickelung von schwefeliger Säure zu zeigen. Ferner höhle ein Stückchen Kreide aus, umwickle es mit einem Draht, der als Handhabe dienen soll, wie in Fig. 3, erhitze den Kalk mit einem Stückchen Schwefel, bis dieser sich entzündet, und bringe denselben in eine Flasche mit Sauerstoff. Die prächtige blaue Flamme ist in kurzem durch den halbdurchsichtigen weißen Rauch der schwefeligen Säure verdunkelt.

Der Schwefel bildet mit Sauerstoff eine weitere Verbindung, welche in Verbindung mit Wasser die gemeine Schwefelsäure oder das Vitriolöl darstellt. Diese bildet sich in geringer Menge durch den Einfluß der Luft auf die Schwefelblumen, im Großen wird sie durch einen verwickelten Proceß für den Handel gewonnen.

Schwefel verbindet sich mit den meisten Metallen und liefert Verbindungen, welche man Schwefelmetalle oder Sulfide nennt. Sie kommen in der Natur in großer Menge vor, besonders als Eisen- und Kupferkiese und Bleiglanz, und viele sind werthvolle Erze. Schwefelmetalle oder Sulfide können künstlich, durch Erhitzen der meisten Metalle mit Schwefel, erzeugt werden.

Experiment 16. Erhitze in einem Ofen den Kopf einer Kölner Tabakspfeife zu schwacher Rothglühhitze, habe daneben einen dünnen eisernen Draht oder eine Uhrfeder, die in einer Spirale gewunden ist, bereit, werfe einige Stücke Schwefel in den glühenden Pfeifenkopf;

wenn dieser geschmolzen und mit Bildung von rothen Dämpfen siedet, so führe die vorher glühend gemachte Spiralfeder in die Schwefeldämpfe. Hierbei verbindet sich der Schwefel mit dem Eisen; das Eisen brennt factisch in den Schwefeldämpfen und giebt schwarzes Schwefeleisen, in derselben Weise, wie es in Experiment 7 in Sauerstoff verbrennt und sich Eisenoxyd erzeugt. Das Schwefeleisen schmilzt zu spröden, runden Kügelchen, die im Pfeifenkopfe zurückbleiben.

Mit Wasserstoff verbindet sich der Schwefel zu einem Gase, welches im hohen Grade den Geruch nach faulen Eiern besitzt; es ist auch in der That die Ursache dieses widerlichen Fäulnißgeruches. Diese Verbindung, gewöhnlich Schwefelwasserstoff genannt, findet sich in dem Wasser der Schwefelquellen gelöst und wird von diesen reichlich ausgedünstet. Es kann künstlich durch Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure auf Schwefelmetalle erzeugt werden.

Experiment 17. Bringe ein Stück von dem in Experiment 16 bereiteten Schwefeleisen in eine Tasse oder Weinglas, füge etwas Wasser hinzu und einige Tropfen Schwefelsäure. Sofort werden Blasen von Schwefelwasserstoff aufsteigen.

In dem Boden begegnen wir dem Schwefel fast ohne Ausnahme in der Form von Sulphaten, Verbindungen von Schwefelsäure mit Metallen; eine Classe von Körpern, die wir später kennen lernen werden.

In den Pflanzen findet sich immer Schwefel, obgleich in ungewöhnlich kleinen Mengen. Die Turnips, die Zwiebel, der Senf, die Rettiche und Assafoedita verdanken ihren eigenthümlichen Geruch einem flüchtigen Oele, in welchem Schwefel einen Bestandtheil ausmacht.

Eiweiß, Pflanzenleim und Casein, — vegetabilische Substanzen, die niemals bei Pflanzen und Thieren fehlen, — enthalten ebenfalls eine geringe Menge Schwefel. Im Haar und Horn finden wir den Schwefel in Mengen von 3—5 Procent. Wenn man organische Körper bei vollem Luftzutritt verbrennt, so wird der Schwefel oxydirt und bleibt in der Asche als Schwefelsäure zurück oder verflüchtigt sich in die Luft als schwefelige Säure.

Phosphor ist ein Element, welches eine so starke Verwandtschaft zum Sauerstoff hat, daß es nirgends im freien Zustande in der Natur vorkommt, und wenn durch Kunst dargestellt, ist man gewöhnlich genöthigt, es in Wasser untergetaucht aufzubewahren, um seine Oxydation oder sein Feuerfangen zu verhindern. Er ist dem Chemiker im festen Zustande in zwei verschiedenen Formen bekannt. In der mehr gebräuchlichen Form ist er farblos oder gelb durchsichtig, wachsgleich von Ansehen; er ist sehr giftig, er entzündet sich bei geringer Reibung und ist stark leuchtend im Dunkeln, daher sein Name, der, von zwei griechischen Worten hergeleitet, Lichtträger bedeutet. Die andere Form ist ziegelroth halbdurchscheinend, viel weniger leicht entzündlich und ohne giftige Eigenschaften. Der Phosphor findet eine ausgedehnte Anwendung in der Herstellung der Streichzündhölzchen. Für diesen Zweck wird vorzugsweise gelber Phosphor verwendet.

Wenn hinreichend lange der Luft ausgesetzt, oder sogleich beim Verbrennen verbindet sich dieses Element mit Sauerstoff, indem es einen Körper von der allergrößten Bedeutung für die Landwirthschaft, die Phosphorsäure, bildet.

Experiment 18. Verbrenne ein Stück Phosphor unter einer Glocke wie in Experiment 8 mit Weglassung des Wasser auf dem Teller. Eine schneegleiche Wolke von Phosphorsäure sammelt sich theilweise an den Seiten der Glocke, meistens aber auf dem Teller. Löse einen Theil in Wasser und überzeuge dich, daß die Lösung einen sauren Geschmack hat.

In der Natur findet man den Phosphor in der Regel in der Form von Phosphaten, welche Verbindungen von Metallen mit Phosphorsäure sind.

In Pflanzen und Thieren existirt er in Form von phosphorsaurem Kalk, Magnesia, Kali und Natron. Die Knochen der Thiere enthalten beträchtliche Mengen (10 Procent) Phosphorsäure, hauptsächlich in Form von phosphorsaurem Kalk.

Die Knochen sind es, von denen der Phosphor für Reibzündhölzchen in großer Menge gewonnen wird.

Experiment 19. Brenne ein Stück Knochen im Feuer, bis es weiß oder nahezu weiß ist. Die Knochen verlieren beinahe ihr halbes Gewicht. Was zurückbleibt, ist Knochenasche und davon sind 90 Procent phosphorsaurer Kalk.

Phosphate werden leicht gebildet, wenn man Lösungen verschiedener Metalle mit Phosphorsäure zusammenbringt.

Experiment 20. Schütte in jedes von zwei Wein- oder Reagensgläsern eine geringe Menge der in Experiment 18 erhaltenen Lösung von Phosphorsäure. Zu einer füge etwas Kalkwasser (siehe Note S. 22), bis man eine weiße Wolke oder Niederschlag bemerkt. Dies ist phosphorsaurer Kalk. In den andern Theil tropfe Alaunlösung. Ein durchscheinender Niederschlag von phosphorsaurer Thonerde bildet sich sogleich.

Im Boden und Gesteinen existirt der Phosphor in Form von Kalk, Thonerde und Eisen-Phosphaten.

In der organischen Welt hat der Chemiker den Phosphor bis jetzt noch in keinem andern Zustand als in Form von Phosphaten gefunden, mit Ausnahme nur weniger Fälle. In dem Gehirn, den Nerven und im Eidotter hat man vor einigen Jahren phosphorhaltiges Oel gefunden und neuerdings auch ähnliche phosphorhaltige Oele im Mais, den Erbsen und andern Getreidearten.

Wir haben nun die wichtigeren Kennzeichen der 6 Körper, welche die flüchtigen und durch Feuer zerstörbaren Bestandtheile der Thiere und Pflanzen ausmachen, kurz abgehandelt, nämlich: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Phosphor.

Vorzugsweise sind aus diesen Substanzen, welche oft als die organischen Elemente der Vegetation bezeichnet werden, die zahllosen Producte des Lebensprocesses, welchen wir theils in der Pflanzen- oder Thierwelt begegnen, gebildet.

Schließliche Zusammensetzung vegetabilischer Körper.

Um eine Idee von den relativen Verhältnissen, in welchen diese 6 Elemente in der Pflanze sich vorfinden, zu erhalten, ist hier eine Zusammenstellung der elementaren Zusammensetzung verschiedener Arten von Vegetabilien in Procenten beigefügt.

	Weizenkörner	Weizenstroh	Kartoffeln	Erbsen	Kleeheu
Kohlenstoff . . .	46,1	48,4	44,0	46,5	47,4
Wasserstoff . . .	5,8	5,3	5,8	6,2	5,0
Sauerstoff . . .	43,4	38,9	44,7	40,0	37,8
Stickstoff	2,3	0,4	1,5	4,2	2,1
Asche einschließlich Schwefel und Phosphor	2,4	7,0	4,0	3,1	7,7
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Schwefel	0,12	0,14	0,08	0,21	0,18
Phosphor . . .	0,30	0,80	0,34	0,34	0,20

Unsere Aufmerksamkeit wird nun auf das Studium der Elemente solcher Verbindungen gerichtet sein, welche die Grundlage der Pflanzen im Allgemeinen sind, da die Kenntniß dieser uns befähigt, die zurückbleibenden Elemente mit größerem Interesse zu verfolgen.

Vorher müssen wir uns jedoch eine klare Idee von den Kräften verschaffen, in Folge deren Wirkung diese Elemente vorzüglich zusammengehalten oder aus ihren Verbindungen geschieden werden.

§ 3.

Chemische Verwandtschaft oder Affinität.

Chemische Anziehung oder Verwandtschaft ist die Kraft, welche zwei oder mehr Körper von ungleichen Eigenschaften zu einem neuen Körper vereinigt, dessen Eigenschaften verschieden sind von denen seiner Bestandtheile.

Chemische Verbindungen unterscheiden sich wesentlich von Mischungen: Wir können in einem Gefäße zwei Gase, Sauer-

stoff und Wasserstoff, mischen, ohne daß sie sich jemals verbinden werden, und ohne ihr ursprüngliches Volum zu ändern; bringt man jedoch eine Flamme in die Mischung, so verbinden sich dieselben augenblicklich unter einer starken Explosion, und an der Stelle leichter voluminöser Gase finden wir wenige Tropfen Wasser, welches bekanntlich bei gewöhnlicher Temperatur flüssig und bei starker Kälte fest wird; es unterhält weder die Verbrennung wie Sauerstoff, noch brennt es selbst wie Wasserstoff, sondern es ist ein Körper, der seine besonderen Eigenschaften hat, die verschieden von denen aller andern Körper sind, die wir kennen.

In der Luft haben wir Sauerstoff und Stickstoff im Zustand bloßer Mischung, jedes dieser Gase hat seine besonderen eigenthümlichen Eigenschaften. Wenn diese in Verbindung gebracht werden, so bilden sie nicht weniger als 5 verschiedene Verbindungen, von denen die eine das sogenannte Lachgas ist, während die übrigen wegen ihrer erstickenden und ätzenden Dämpfe gänzlich unathembar sind.

Chemische Zersetzung. Das Wasser, dessen Bildung durch die Kraft oder Wirkung der Affinität wir soeben betrachtet haben, wird wiederum leicht zersetzt oder in seine Theile geschieden durch die Kräfte, welche der Verwandtschaft entgegen wirken, — wie Wärme oder Elektricität — oder die größere Verwandtschaft eines andern Körpers zu einem seiner Bestandtheile, z. B. Natrium, wie wir dies schon bei der Darstellung des Wasserstoffs in Experiment 11 gezeigt haben.

Feste Proportionen (Verhältnisse), in denen sich die Körper verbinden. Eine weitere Unterscheidung zwischen chemischer Verbindung und bloßer Mischung ist, daß zwei oder mehr Körper in allen Verhältnissen gemischt werden können, während sich die Körper chemisch nur in wenigen Verhältnissen verbinden, welche fest und unveränderlich sind. Sauerstoff und Wasserstoff werden in der Natur vorzugsweise in Form

3*

von Wasser verbunden gefunden, und ist das Wasser rein, so ist es stets genau dem Gewicht nach aus $^1/_9$ Wasserstoff und $^8/_9$ Sauerstoff zusammengesetzt, oder da der Sauerstoff 16 mal schwerer als Wasserstoff bei gleichem Umfang ist, aus 1 Volum oder Maßeinheit Sauerstoff mit 2 Volum Wasserstoff.

Atomgewicht der Elemente. Nach der Hypothese, daß eine chemische Verbindnng zwischen den Atomen oder untheilbaren Theilchen der Elemente vor sich geht, nennt man die Gewichtsverhältnisse, in denen sich die Körper verbinden, ihr Atomgewicht.*) Diese Zahlen sind nur relative und beziehen sich auf das Gewicht des Wasserstoffs als Einheit, weil der Wasserstoff dasjenige Element ist, welches in den kleinsten Gewichtsmengen Verbindungen eingeht.

Die Chemiker haben auf Grund der Resultate aus einer großen Zahl sehr genauer Bestimmungen sich allgemein geeinigt, die Atomgewichte, wie sie für die bereits erwähnten Elemente in der folgenden Tafel gegeben sind, anzunehmen.

Symbole. Der Bequemlichkeit halber hat man, um chemische Umsetzungen kurz darzustellen, den ersten oder die ersten Buchstaben der lateinischen Namen der Elemente anstatt des Namens selbst als Symbol angenommen.

Tafel der Atomgewichte und Symbole der Elemente.

Elemente		Atomgewicht	Symbol
Wasserstoff	Hydrogenium	1	H
Kohlenstoff	Carbonium	12	C
Sauerstoff	Oxygenium	16	O
Stickstoff	Nitrogenium	14	N
Schwefel	Sulphur	32	S
Phosphor	Phosphorus	31	P
Quecksilber	Hydrargyrum	200	Hg
Kalium	Kalium	39	K
Natrium	Natrium	23	N
Kalk	Calcium	40	Ca
Eisen	Ferrum	56	Fe

*) Wenn nicht besonders bemerkt, sind unter Theilen oder Verhältnissen immer Gewichtsverhältnisse verstanden.

Multiple (oder vielfache) Proportionen. Wenn 2 oder mehr Körper in verschiedenen Verhältnissen (Proportionen) sich vereinigen, so sind die Mengen, in denen sie sich verbinden, wenn nicht durch die Atomgewichte ausgedrückt, immer das Ein-, Zwei-, Drei-, Vier- und Mehrfache ihrer Atomgewichte, sie sind Vielfache oder Multiple des einfachen Atomgewichts.*) So bilden Kohlenstoff und Sauerstoff zwei häufig vorkommende Verbindungen, Kohlenoxyd, was aus je 1 Atom beider Bestandtheile besteht, und Kohlensäure, welche auf 1 Atom oder 12 Gewichtstheile Kohlenstoff 2 Atome oder 32 Gewichtstheile Sauerstoff enthält.

Molecular-Gewicht der Verbindungen. Während die Elemente sich aus untheilbaren Atomen zu einfachen Verbindungen einigen, können sich Verbindungen wieder unter einander vereinigen und diese bestehen nun aus Molecülen, d. h. aus verbundenen Atomgruppen. Man spricht allerdings häufig auch von Atomen eines zusammengesetzten Körpers; dies ist aber eigentlich widersinnig, denn der kleinste Theil einer Verbindung erlaubt noch eine Trennung in ihre Elemente. Das Wort Molecül**) schließt die Fähigkeit der Theilung in sich, währenddem entgegengesetzt das Wort Atom eine solche Idee ausschließt.

Das Moleculargewicht einer Verbindung ist die Summe der Atomgewichte, aus denen es zusammengesetzt ist.

Z. B. Wasser ist aus 1 Atom oder 16 Gewichtstheilen Sauerstoff und 2 Atomen oder 2 Gewichtstheilen Wasserstoff zusammengesetzt, sein Moleculargewicht ist daher 18.

Das folgende Schema erläutert die moleculare Zusammen-

---

*) Neuerdings sind die meisten Chemiker geneigt, als das wahre Atomgewicht das Doppelte der Zahlen, welche seither im Gebrauche waren, mit Ausnahme von Wasserstoff, Chlor, und einigen andern Elementen, anzunehmen.

**) Das lateinische Diminutiv, welches eine kleine Menge bedeutet.

setzung einer etwas complexen Verbindung, des kohlensauren Ammoniaks

Das Ammoniak ist die Verbindung 1 Atoms Stickstoffs mit 3 Atomen Wasserstoff, 1 Molecül Ammoniakgas verbindet sich mit 1 Molecül Kohlensäure und 1 Molecül Wasser, und diese 3 zusammen bilden 1 Molecül kohlensaures Ammoniak.

1 Molecül kohlensaures Ammoniak =	Ammoniak 1 Molecül	=	Wasserstoff 3 Atom	= 3	= 17
			Stickstoff 1 "	= 14	
	Kohlensäure 1 Molecül	=	Kohlenstoff 1 "	= 12	= 44
			Sauerstoff 2 "	= 32	
	Wasser 1 Molecül	=	Wasserstoff 2 "	= 2	= 18
			Sauerstoff 1 "	= 16	

Schreibweise der Verbindungen. Um die Zusammensetzung und die Umsetzungen, welche die Verbindungen erfahren, bequem und kurz auszudrücken, haben sich die Chemiker vereinigt, daß das Symbol eines Elements zugleich ein Atom dieses Elements ausdrückt.

So bedeutet H nicht blos das leichte brennbare Gas Wasserstoff, sondern drückt zugleich das Gewicht einer Einheit dieses Gases, verglichen mit andern Elementen aus, so begreift man unter S neben der Idee des Körpers Schwefel auch die Idee von 32 Gewichtstheilen Schwefel. Indem man auf diese Weise das Atomgewicht mit dem Symbol verbindet, ist man im Stande, die Zusammensetzung der Verbindungen auf die einfachste Weise auszudrücken, indem man ein Symbol eines Elements nach dem andern hinschreibt, wie folgt: Kohlenoxyd stellt man dar durch CO, Quecksilberoxyd durch HgO und Schwefeleisen durch FeS.

CO giebt dem Chemiker nicht allein die Thatsache des Vorhandenseins von Kohlenoxyd, sondern sagt ihm auch, daß 1 Molecül desselben von Kohlenstoff und Sauerstoff je 1 Atom enthält. Aus der Bekanntschaft der Atomgewichte weiß er

ferner die Gewichtsverhältnisse von Kohlenstoff und Sauerstoff in demselben.

Wenn eine Verbindung mehr wie 1 Atom eines Elements enthält, so zeigt man dies durch das Anhängen einer kleinen Zahl hinter das Symbol an. Zum Beispiel: Wasser besteht aus 2 Atomen Wasserstoff verbunden mit 1 Atom Sauerstoff, das Symbol des Wassers ist demnach H_2O. In gleicher Weise ist das Symbol der Kohlensäure CO_2.

Wenn man anzuzeigen hat, daß mehr wie ein Molecül eines Körpers in einer Verbindung existirt oder aus einer Verbindung tritt, so setzt man eine große Zahl vor das Symbol der Verbindung. So werden zum Beispiel 2 Molecüle Wasser ausgedrückt durch $2\,H_2O$.

Das Symbol einer Verbindung wird gewöhnlich eine Formel genannt. Die folgende Tafel enthält einige der Verbindungen, die wir bereits beschrieben oder angewendet haben.

Formeln von Verbindungen.

Name.	Formel.	Moleculargewicht.
Wasser	H_2O	18
Schwefelwasserstoff .	H_2S	34
Schwefeleisen	FeS	88
Quecksilberoxyd . . .	HgO	216
Kohlensäure	CO_2	44
Chlorcalcium	$CaCl_2$	111
Schwefelige Säure	SO_2	64
Schwefelsäure . . .	SO_3	80
Phosphorsäure . . .	P_2O_5	142

Empirische und rationelle Formeln. Es ist klar, daß viele verschiedene Formeln für einen Körper von complexer Zusammensetzung gemacht werden können. So das kohlensaure Ammoniak, dessen Zusammensetzung bereits (S. 38) angegeben ist, und welches

1 Atom Stickstoff
1 „ Kohlenstoff
3 „ Sauerstoff und
5 „ Wasserstoff

enthält, kann sehr abgekürzt durch das Symbol

$$NCO_3H_5$$

ausgedrückt werden.

Eine solche Formel unterrichtet uns nur, welche Elemente und wie viele Atome von jedem Element in der Verbindung enthalten sind.

Es ist eine empirische Formel oder der einfachste Ausdruck der thatsächlichen Zusammensetzung einer Substanz, wie sie die Analyse ergiebt.

Rationelle Formeln hingegen bezwecken, uns einen Begriff von der Constitution, Bildung oder Art der Zersetzung des Körpers zu geben. Zum Beispiel die Thatsache, daß kohlensaures Ammoniak aus der Vereinigung von je 1 Molecül Kohlensäure, Wasser und Ammoniak besteht, ist in der Formel ausgedrückt

$$NH_3, H_2O, CO_2.$$

Eine Substanz kann so viele rationelle Formeln haben, als es rationelle Arten giebt, ihre Constitution zu veranschaulichen.

Gleichungen von Formeln dienen, das Resultat von chemischen Reactionen und Zersetzungen zu erläutern. So wird die Zersetzung des chlorsauren Kalis in Chlorkalium und Sauerstoff in folgender Weise ausgedrückt

Chlorsaures Kali Chlorkalium Sauerstoff

$$KClO_3 = KCl + O_3$$

Was vor den Gleichheitsstrichen geschrieben, ist die gegebene Verbindung, was hinter denselben steht, die Auflösung derselben. Das Zeichen + zeigt und unterscheidet die verschiedenen Producte der Zersetzung. Diese Weise, kurzer Hand

chemische Zersetzungen darzustellen, wird im Laufe dieses Werkes häufig zur Anwendung kommen.

Um die Gewichtsverhältnisse chemischer Verbindungen auszudrücken, hat man zweierlei Schreibweisen: man summirt entweder die Atomgewichte oder man bedient sich der procentischen Berechnung.

Diese Arten, Zusammensetzungen auszudrücken, sind sehr nützlich, um verschiedene Verbindungen aus denselben Elementen unter einander zu vergleichen. Während nun gewöhnlich die atomistische Zusammenstellung für Verbindungen, die in ihrer Zusammensetzung vergleichsweise einfach sind, ganz entsprechend ist, erweist sich die Zusammenstellung für complexere Körper nützlicher in Procenten.

Die Zusammensetzung der zwei Verbindungen des Kohlenstoffs mit Sauerstoff ist nachfolgend auf beide Weisen gegeben.

	Atom	Procent		Atom	Procent
Kohlenstoff C	12	42,86 (C)		12	27,27
Sauerstoff O	16	57,14 (O_2)		32	72,73
Kohlenoxyd (CO)	28	100,00	Kohlensäure (CO_2)	44	100,00

Die Umwandlung einer von diesen Zusammenstellungen in die andere ist einfach ein Fall aus der Regel de Tri, welcher in der folgenden Berechnung der procentischen Zusammensetzung des Wassers aus seiner atomistischen Formel erläutert wird.

Wasser H_2O hat das Moleculargewicht 18, d. h. es besteht aus 2 Atomen Wasserstoff oder 2 Gewichtstheilen und aus 1 Atom Sauerstoff oder 16 Gewichtstheilen desselben. Die beigefügten arithmetischen Verhältnisse dienen zur Berechnung:

H_2O	Wasser		H	Wasserstoff
18 :	100	×	2 :	gesuchten Proc. (= 11,11)
H_2O	Wasser		O	Sauerstoff
18 :	100	×	16 :	gesuchten Proc. (= 88,88)

Indem man die zweite und dritte Stelle dieser Proportion mit einander multiplicirt und durch die erste dividirt, erhalten wir die gesuchten Procente von Wasserstoff 11,11 und von Sauerstoff 88,88.

Der Leser darf nicht vergessen, daß die chemische Verwandtschaft sich in sehr ungleichem Grade der Intensität zwischen verschiedenen Körpern äußert oder sich ändert, indem sie entweder verstärkt oder vernichtet wird.

§ 4.

Vegetabilisch-organische Verbindungen oder nähere Bestandtheile der Pflanzen.

Wir sind nun vorbereitet, auf das Studium der organischen Verbindungen, welche aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel und Phosphor bestehen, und die vermittelst der vereinigten Wirkung von chemischen und vitalen Kräften den vegetabilischen Bau ermöglichen, einzugehen. Die Anzahl bestimmter Substanzen, die man in den Pflanzen gefunden, ist sehr zahlreich.

Dem Chemiker sind bereits Hunderte von Oelen, Säuren, Bitterstoffen, Harzen, Farbstoffen wohl bekannt. Beinahe jede Pflanze enthält einen ihr eigenthümlichen Körper, und gewöhnlich offenbart dieselbe Pflanze in ihren verschiedenen Theilen dem Geschmacks- und Geruchssinn die Gegenwart mehrerer besonderer Substanzen. Im Thee und Kaffee kommt als sein wirkendes Princip ein intensiv bitterer Stoff, das Thein, vor. Aus dem Tabak kann eine ölige Flüssigkeit von äußerst narkotischen und giftigen Eigenschaften, das Nicotin, ausgezogen werden. In der Orange findet man nicht weniger als drei Oele: eines in den Blättern, eines in den Blüthen und ein drittes in der Schale der Frucht.

Obgleich eine so unendlich große Zahl von Körpern in der Pflanzenwelt vorkommt, so sind es doch nur wenige, welche die Hauptmasse aller Pflanzen ausmachen und welche als die Quellen der Nahrung für Menschen und Thiere ein besonderes landwirthschaftliches Interesse haben.

Diejenigen Substanzen, in welche jede Pflanze durch einfache und meist mechanische Mittel zerlegt werden kann, welche man gewöhnlich als die näheren Bestandtheile bezeichnet, werden wir etwas ausführlicher in 6 Hauptgruppen betrachten:

1) Wasser.

2) Die Gruppe der Kohlenhydrate oder Amyloide. — Cellulose (Holz), Stärke, Zucker und Gummi.

3) Die Gruppe der Pectinkörper, das Fleisch und die Gallerte von Früchten und gewissen Wurzeln.

4) Die vegetabilischen Säuren.

5) Fette und Oele.

6) Die Eiweißsubstanzen oder Proteinkörper.

1) Wasser H_2O, wie bereits bemerkt, ein Hauptbestandtheil der Pflanzen, ist eine Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff und hat beifolgende procentische Zusammensetzung:

Sauerstoff	88,88
Wasserstoff	11,11
	100,00

Es befindet sich in allen Theilen der Pflanze und ist die unmittelbare Ursache der Saftigkeit der jungen Triebe und ist unentbehrlich zum Leben der vegetabilischen Organe.

In der folgenden Tafel ist der Gehalt des Wassers einiger der gewöhnlichen landwirthschaftlichen Producte im frischen Zustande gegeben, wenngleich die Verhältnisse, selbst in den gleichen Theilen, bei verschiedenen Individuen derselben Pflanze sich nicht ganz gleich bleiben.

Wasser in frischen Pflanzen.

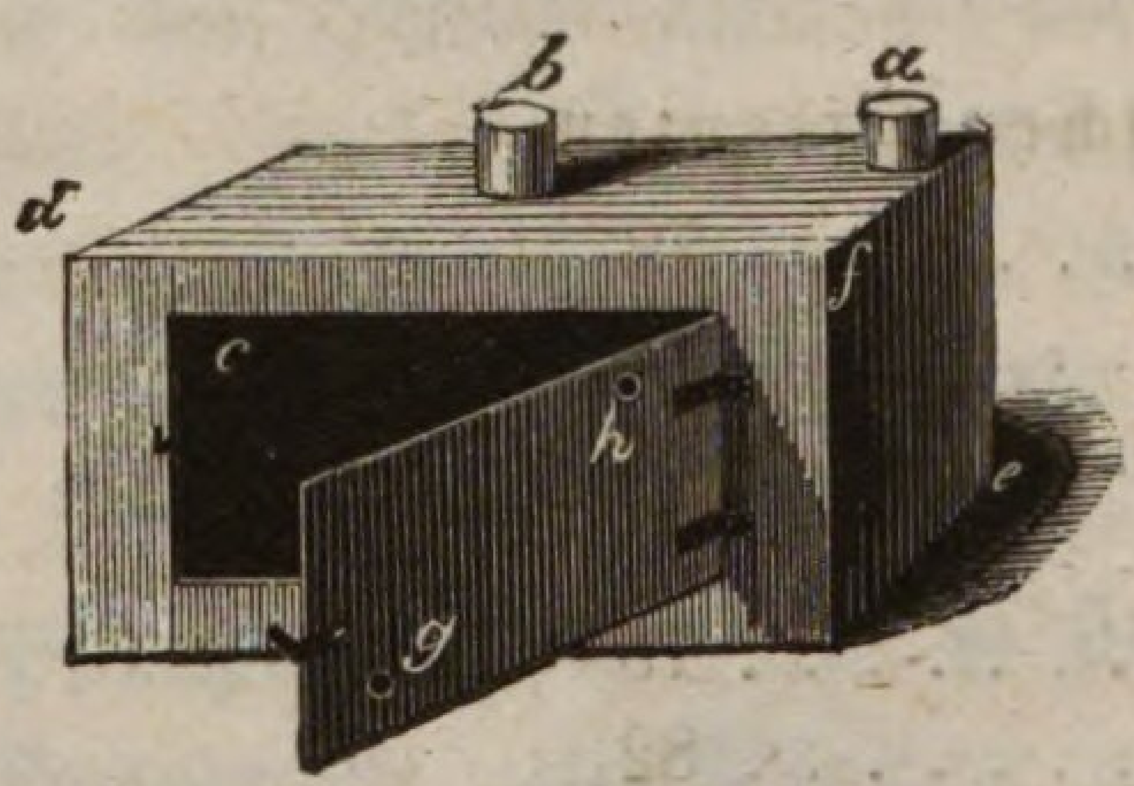
Gras	72
Rother Klee	79
Futtermais	81
Futterkohl	90
Kartoffeln	75
Zuckerrüben	82
Gelbe Rüben	85
Turnips	91
Tannenholz	40

In den lebenden Pflanzen ist das Wasser gewöhnlich für das Auge und das Gefühl als Saft erkenntlich. Aber nicht allein frische Pflanzen enthalten Wasser. Wenn Gras zu Heu gemacht worden, ist keineswegs alles Wasser verflüchtigt; es bleibt noch ein beträchtlicher Theil in den Poren, welches man durch die Sinne nicht wahrnehmen kann. So enthalten auch getrocknetes Holz, Mehl und Stärke, wenn auch scheinbar trocken, noch ein Theil unsichtbares Wasser, welches durch höhere Wärme entfernt werden kann.

Experiment 21. Bringe in ein weites Glasrohr wie in Fig. 2 einen Kaffeelöffel voll Sägespäne oder Stärke, oder etwas Heu. Erwärme die Röhre über der Lampe, aber langsam und vorsichtig, so daß die Substanz nicht anbrennt oder schwarz wird. Das Wasser wird hierbei ausgetrieben und sammelt sich an dem kälteren Theil der zugehaltenen Röhre.

Die vegetabilischen Substanzen können daher in 2 verschiedenen Zuständen Wasser enthalten. Rother Klee, frisch geschnitten, enthält zum Beispiel 79 Procent Wasser. Wenn der Klee zu Heu gemacht wird, verliert er durch das Trocknen den größten Theil seines Wassers und enthält, nun lufttrocken, nur 17 Procent. Unterwirft man den lufttrocknen Klee einige Stunden der Temperatur von 100° Celsius, so wird das Wasser vollständig ausgetrieben und die Substanz wird wirklich trocken.

Fig. 9.



Um alles Wasser aus vegetabilischen Substanzen auszutreiben, bedient sich der Chemiker gewöhnlich des Wasserbades Fig. 9, welches aus einem Schrank mit doppelten Wänden von Kupferblech besteht, deren Zwischenraum man beinahe ganz mit Wasser füllt. Den Körper, den man trocknen will, bringt man in das Innere der Kammer,

schließt die Thür und bringt das Wasser auf einem Heerde oder vermittelst einer Lampe zum Sieden. Die genaue Menge Wasser, die der Körper enthält, ermittelt man nun, indem man die Substanz zuerst wiegt und dann trocknet, und so oft wieder wiegt, bis das Gewicht nicht mehr abnimmt. Der Verlust ist Wasser.

In der beigefügten Tafel sind die durchschnittlichen Mengen Wasser verschiedener Vegetabilien im lufttrocknem Zustande in 100 Theilen ausgedrückt.

Wiesenheu	15
Kleeheu	17
Fichtenholz	20
Stroh und Spreu von Roggen, Weizen ꝛc.	15
Bohnenstroh	18
Weizen- (Roggen-, Hafer-) Körner	14
Mais-Körner	12

Derjenige Theil des Wassers, den die frische Pflanze bei bloßem Aussetzen an der Luft verliert, ist vorzugsweise Wasser aus den Säften der Pflanze und bietet sich, wenn man die Pflanze preßt, dem Gesicht und Gefühl als Flüssigkeit dar; richtig ausgedrückt ist es das freie Vegetationswasser. Das Wasser, welches in der lufttrocknen Pflanze unbemerkbar für die Sinne zurückbleibt und nur bei Anwendung von Wärme bemerkt und ausgetrieben werden kann, bezeichnet man mit hygroskopischem Wasser der Pflanzen. Der Betrag an Wasser in frischen oder lufttrocknen Vegetabilien schwankt fortwährend mit der Temperatur und der Trockenheit der Luft.

2) **Die Gruppe der Kohlenhydrate oder Amyloide.** Diese Gruppe schließt Cellulose, Stärke, Inulin, Dextrin, Gummi, Rohrzucker, Fruchtzucker und Traubenzucker in sich ein.

Diese Körper, besonders Cellulose und Stärke, machen bei weitem den größeren Theil — vielleicht $^7/_8$ — der Trocken-

substanz der Pflanzen aus, und die meisten derselben sind durch alle Theile der Pflanzen verbreitet.

Cellulose $C_{12}H_{20}O_{10}$. — Jede Pflanze ist eine Anhäufung von mikroscopischen Zellen, d. h. sie besteht aus sehr kleinen Säckchen oder geschlossenen Röhren, die aneinanderhängen.

Fig. 10.

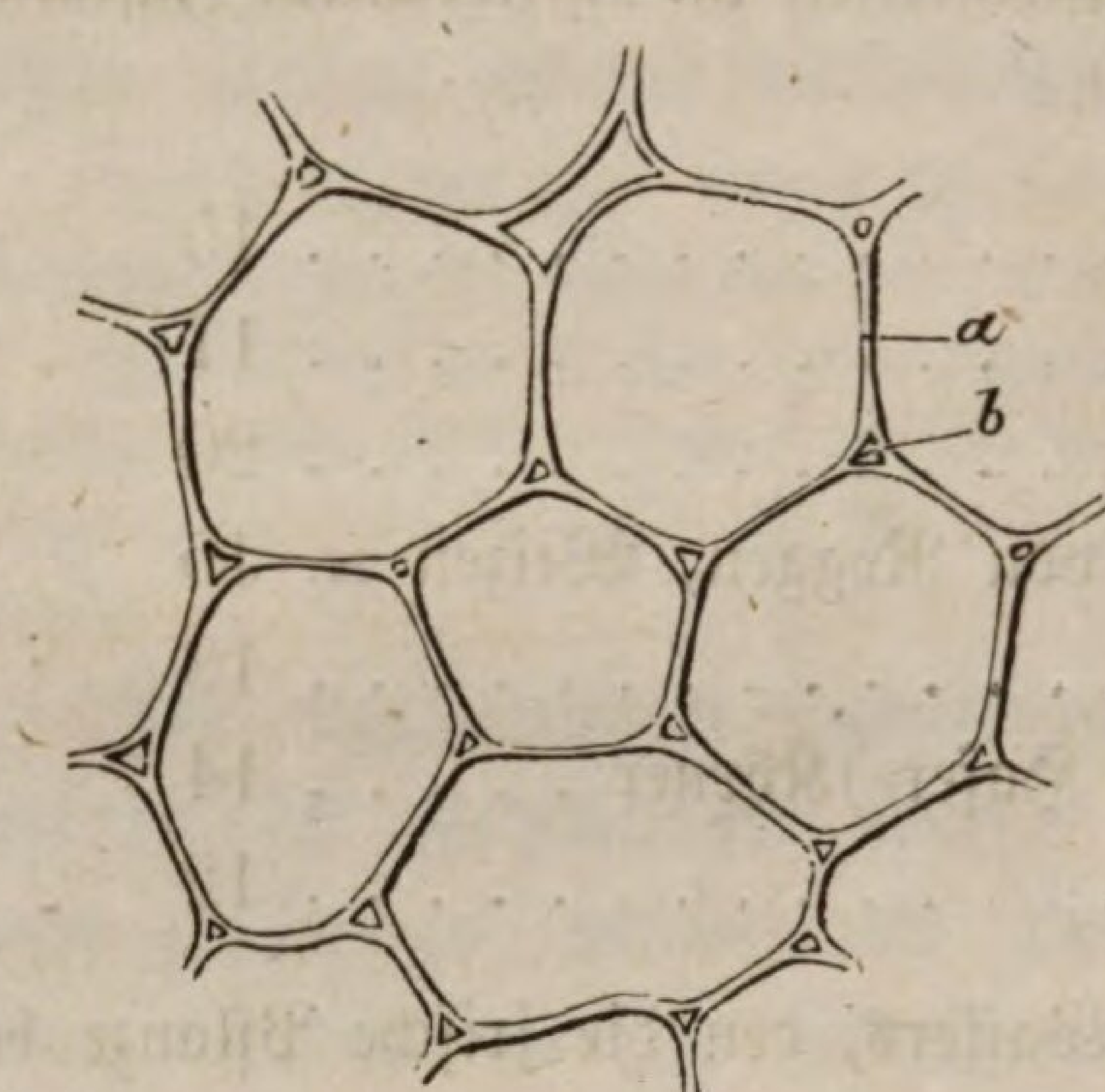


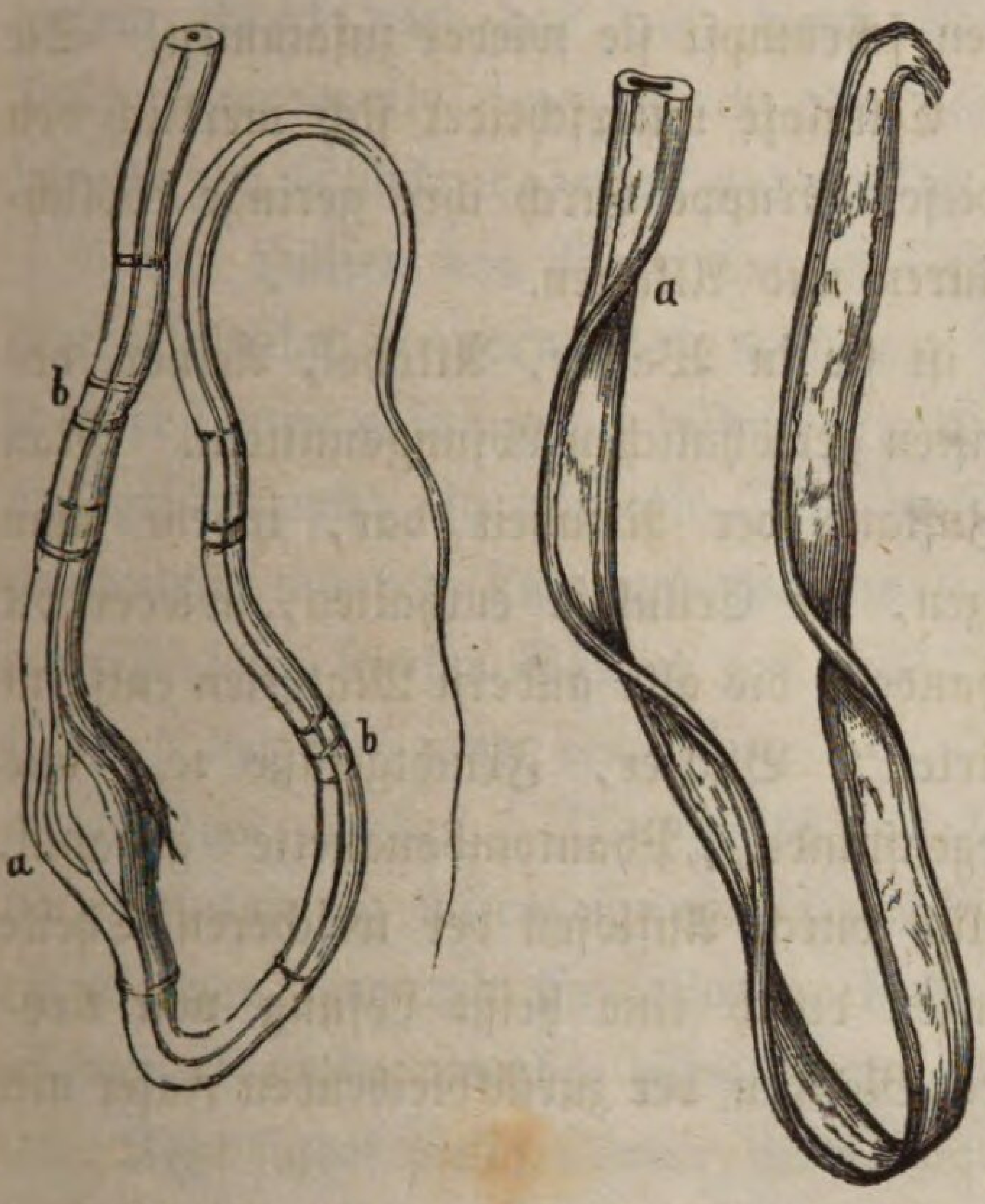
Fig. 10 stellt eine außerordentlich dünne Scheibe eines Stiels des Kohles von 230maliger Vergrößerung dar. Die verbundenen Wände zweier Zellen siehet man in dem Querschnitt bei *a*, während man bei *b* einen leeren Raum bemerkt.

Die äußere Bekleidung oder die Wand der Zelle ist Cellulose. Diese Substanz ist demnach das Skelett oder Gerüst der Pflanze und das Material, welches allen Theilen derselben Zähigkeit und Stärke verleiht. Nächst dem Wasser ist sie der vorwiegendste Körper in der Pflanzenwelt. Alle Pflanzen und alle Theile der Pflanzen enthalten Cellulose, aber sie waltet vergleichsweise in Stengeln und Blättern beträchtlich vor. In dem Samen bildet sie einen großen Theil der Hülsen, Schalen oder sonstiger Außenbekleidung, während sie im Innern des Samens nur in geringer Menge vorkommt.

Die Fasern der Baumwolle (Fig. 11 *a*), des Hanfes und Flachses (Fig. 11 *b*), die weißen Zeuge und das ungeleimte Papier, welches aus diesem Material gemacht wird, ist beinahe reine Cellulose.

Die Fasern der Baumwolle, des Hanfes und des Flachses sind einfache lange dickwandige Zellen, deren Aussehen bei starker Vergrößerung in Fig. 11 gezeigt ist, wo *a* die dünnere, zartere zusammengefallene Baumwollenfaser, und *b* die dickere und dauerhaftere Flachsfaser darstellt.

Fig. 11.



Holz oder Holzzellen bestehen aus langen, dünnen Zellen von verschiedenen Größen und Formen (siehe später), welche zart und dünnwandig, wenn jung, sind (in dem Saftholz), werden sie älter, so füllen sie sich im Innern mit einer Ablagerung von wiederholten Lagen von Cellulose, welche mit einem Körper unterwachsen sind, der Lignin genannt wird.*) Die harten Schalen von Nüssen und Kerne der Steinfrüchte enthalten eine Grundlage von Cellulose, welche mit ligninartigen Körpern imprägnirt ist.

*) Nach F. Schulze durchdringt (incrustirt nicht einfach) Lignin die Zellenwände, es ist in heißer alkalischer Lösung löslich und wird durch Salpetersäure leicht oxydirt. Schulze giebt als seine Zusammensetzung

Kohlenstoff	55,3
Wasserstoff	5,8
Sauerstoff	38,9
	100,0

Dies ist aber einfach die hergeleitete Zusammensetzung dessen, was übrig bleibt, wenn die Cellulose 2c. entfernt ist. Lignin kann in reinem Zustande nicht isolirt werden und ist niemals analysirt worden. Was

Wenn die Cellulose ganz rein, ist sie ein weißer, oft seidenglänzender oder schwammiger und durchscheinender Körper, ihr Aussehen variirt etwas, je nach dem Ursprung, von dem sie herrührt. In lufttrocknem Zustande enthält sie ungefähr 10 Procent hygroskopisches Wasser. Sie hat mit den thierischen Membranen die Eigenschaft gemein, in Wasser getaucht aufzuschwellen, im Trocknen schrumpft sie wieder zusammen. Sie ist zähe und elastisch. Cellulose unterscheidet sich merklich von den andern Körpern dieser Gruppe durch ihre geringe Löslichkeit in verdünnten Säuren und Alkalien.

Ebenso unlöslich ist sie in Wasser, Alkohol, Aether, den Oelen und in den meisten gewöhnlichen Lösungsmitteln. Man stellt sie daher im Zustand der Reinheit dar, indem man vegetabilische Substanzen, die Cellulose enthalten, wiederholt mit Lösungsmitteln behandelt, bis alle andern Materien entfernt sind. Die „skelettisirten" Blätter, Fruchtgefäße ꝛc., aus welchen die schönen Gegenstände, „Phantombouquette" genannt, bestehen, sind gewöhnlich durch Auflösen der weicheren Theile frischer, saftiger Pflanzen durch eine heiße Lösung von Aetznatron und nachheriges Bleichen der zurückbleibenden Faser mit Chlorkalk dargestellt.

Skelette lassen sich auch darstellen, wenn man vegetabilische Substanzen in eine Mischung von chlorsaurem Kali und verdünnter Salpetersäure einige Tage einweicht.

Experiment 22. Zu 500 Kubikcentimeter Salpetersäure von 1,1 sp. Gewicht füge 33 Gramme pulverisirtes chlorsaures Kali und löse letzteres unter Umrühren. Hänge in diese Mischung eine Anzahl Blätter*)

---

so genannt wird, ist wahrscheinlich eine Mischung mehrerer verschiedener Substanzen. Lignin ist (nach Grouven und Hofmeister) für Pflanzenfresser unverdaulich.

*) Ausgewachsene aber keine alten Blätter von Ulmen, Ahorn und Mais, Aehren von unreifem Korn, Querschnitte vom Stamm und den Gliedern des Mais ꝛc. können dazu verwendet werden, indem sie Skelette liefern, die zum Studium der Structur dieser Organe nützlich sind.

und lasse dieselben ungestört bei einer Temperatur von 18° Cels., bis dieselben vollständig weiß gebleicht sind, was 10 bis 20 Tage dauert. Die präparirten Blätter sollten aus der Lösung auf Papierstreifen gebreitet, gründlich mit klarem Wasser ausgewaschen und unter Druck zwischen Löschpapier getrocknet werden.

Die Fasern der weißen und weicheren Holzarten werden gegenwärtig viel zur Fabrikation von Papier verwendet. Zu diesem Zweck wird das Holz durch Maschinen in ein grobes Pulver geraspelt, dann durch eine heiße Lösung von Soda von Lignin, Stärke ꝛc. befreit und endlich mit Chlorkalk gebleicht.

Die Hülsen von Mais sind in Oesterreich erfolgreich zur Papierfabrikation verwendet worden. Obgleich die Cellulose in verdünnten Säuren und Alkalien unlöslich ist oder nur wenig angegriffen wird, so wird sie doch durch diese Mittel, wenn sie concentrirt und heiß sind, aufgelöst oder verändert. Das Resultat der Wirkung starker Säuren und Alkalien ist sehr verschieden, je nach der Art und dem Grad der Stärke, in welchem sie angewendet werden. Die stärkste Salpetersäure verwandelt die Cellulose in Nitrocellulose (Pyroxilin, Schießbaumwolle), ein Körper, der mit Explosion verbrennt und als Ersatz für Schießpulver zu manchen Zwecken gedient hat.

Jetzt findet dieser Körper, in Aether gelöst, als Collodium vorzugsweise in der Photographie Anwendung.

Schwefelsäure von einer gewissen Stärke, kurze Zeit in Berührung mit Cellulose, verwandelt dieselbe in eine zähe, durchscheinende Substanz, welche sehr an Blase oder ähnliche thierische Membranen erinnert. So behandeltes Papier ist das vegetabilische Pergament des Handels.

Experiment 23. Um Pergamentpapier darzustellen, füllt man eine große cylindrische Reagensröhre zollhoch mit Wasser und gießt die dreifache Menge Schwefelsäure hinzu. Wenn die Mischung völlig kalt ist, taucht man einen Streifen ungeleimtes Papier etwa 15 Secunden in die Mischung, dann entfernt man es und wäscht es in vielem Wasser aus. Zuletzt bringt man es für einige Minuten in Wasser, welchem man etwas Ammoniak zugesetzt hat, und wäscht es dann wiederum in

reinem Wasser aus. Der Erfolg des Experiments hängt von der passenden Stärke der Säure und der Zeit des Eintauchens ab. Wenn es nöthig wäre, ändert man die Verhältnisse ein wenig, bis man den richtigen Grad erlangt hat.

Verlängerte Berührung mit starker Schwefelsäure verwandelt Cellulose in Dextrin und endlich in Zucker (siehe S. 71). Es werden dabei noch andere dazwischen liegende Producte gebildet, deren Natur man jedoch wenig kennt: indessen dienen die Eigenschaften eines derselben als ein Erkennungsmittel für Cellulose.

Experiment 24. Breite einen Streifen Löschpapier auf einen Teller und schütte einige Tropfen verdünnte Schwefelsäure von Experiment 23 auf denselben. Nach einiger Zeit sieht man das Papier aufschwellen und theilweise sich lösen; nun übergieße es mit einer schwachen Jodlösung*), wodurch die aufgelösten Theile eine intensiv blaue Farbe annehmen. Dieses Verhalten der Cellulose ist charakteristisch für dieselbe und wird zu ihrer Erkennung unter dem Mikroskop angewendet. Wenn man den Versuch mit einer größeren Menge Säure wiederholt und dieselbe beträchtlich längere Zeit auf die Substanz einwirken läßt, wird die Substanz, welche die blaue Farbe erzeugt, zerstört oder in Zucker umgewandelt, und die Zufügung von Jod hat dann keine Wirkung mehr**).

Kocht man die Cellulose einige Stunden mit verdünnter Säure, so wird dieselbe ebenfalls in Zucker umgewandelt, und unter gewissen Umständen haben Salzsäure und Alkalien gleiche Wirkung auf dieselbe.

Die dichtere und unreinere Form der Cellulose, wie dieselbe in Holz und Stroh vorkommt, wird nur langsam von chemischen Agentien angegriffen und ist für die meisten Thiere schwer verdaulich; die Cellulose von jungen und saftigen

---

*) Löse ein Stückchen Jod von der Größe eines Weizenkornes in 20 C. C. Alkohol und füge 100 C. C. Wasser zu der Lösung und bewahre es in einer wohlgeschlossenen Flasche auf.

**) Nach Grouven bedarf die Cellulose von Roggenstroh mehrere Stunden der Einwirkung der Schwefelsäure, bis sie ein blaue Farbe mit Jod giebt. (2. Salzmünder Bericht, S. 467.)

Stengeln und Blättern ist jedoch zum großen Theil leicht verdaulich, besonders in dem Magen der Thiere, welche sich von Pflanzen ernähren, und deshalb zählt die Cellulose zu den Nährmitteln.

Chemische Zusammensetzung der Cellulose. Sie ist eine Verbindung von den drei Elementen Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff. Nach einer großen Anzahl von Analysen ist sie nach der Formel $C_{12}H_{20}O_{10}$ zusammengesetzt und enthält in 100 Theilen:

Kohlenstoff . . .	44,44
Wasserstoff . . .	6,17
Sauerstoff . . .	49,39
	100,00

Darstellungsart der Cellulose. In der Angabe der Zusammensetzung der Pflanzen begegnen uns oft die Bezeichnungen Faserstoff, Holzfaser, rohe Cellulose. Diese Bezeichnung wird auf mehr oder weniger reine Cellulose angewendet, dieals Rückstand bleibt, nach dem die anderen Materien durch wiederholte Behandlung mit verdünnten Säuren und Alkalien, die nur sehr wenig auf Cellulose selbst einwirken, entfernt sind. Die Methoden, die früher angewandt und nach denen die meisten unserer Analysen gemacht wurden, sind entschieden mangelhaft.

Sind die Lösungsmittel zu stark oder die Temperatur, bei denen sie angewandt werden, zu hoch, so wird Cellulose aufgelöst; sind umgekehrt die Reagentien zu verdünnt, so bleibt ein Theil der anderen Materien unverändert zurück.

Die von Henneberg angewandte Methode (Versuchs-Stationen VI, 497), mit ganz guten Resultaten, ist folgende: 3 Gramme fein zertheilte Substanz werden ½ Stunde mit 200 C. C. verdünnter Schwefelsäure (die 1½ Procent Schwefelsäure enthält) gekocht; nachdem sich die Substanz niedergesetzt, wird die saure Flüssigkeit abgegossen. Der Rückstand wird

abermals mit 200 C. C. Wasser $1/2$ Stunde gekocht und diese Operation ein zweites mal vorgenommen. Die zurückbleibende Substanz wird nun $1/2$ Stunde mit 200 C. C. verdünnter Kalilauge gekocht ($1 1/2$ Procent trockenes kaustisches Kali enthaltend), und nach Entfernung der alkalischen Flüssigkeit wird sie, wie vorher, zweimal mit Wasser ausgekocht. Was an Substanz zurückbleibt, wird auf ein Filter gebracht, erst mit Wasser, dann mit Alkohol und endlich mit Aether ausgewaschen, so lange noch etwas gelöst wird. Diese rohe Cellulose enthält noch Asche und Stickstoff, für welche eine Correction gemacht werden muß. Man nimmt an, daß der Stickstoff einem Eiweißstoff angehört, und aus der Menge des ersteren wird letzterer berechnet (siehe nachstehend).

Selbst mit diesen Correctionen wird die Menge der Cellulose nicht mit voller Genauigkeit erhalten, was durch Verschiedenheiten im Aussehen und der Zusammensetzung angezeigt wird.

Während nämlich nach O. Hofmeister die nach dieser Methode aus Erbsen erhaltene Cellulose ganz weiß ist, erscheint sie von Weizenkleie braun und von Rapskuchen beinahe schwarz von Farbe.

Grouven giebt zwei Beispiele von roher Cellulose, die im Wesentlichen nach derselben Methode erhalten wurden (2. Salzmünder Bericht, S. 456):

	Roggenstrohfaser	Leinenfaser
Wasser . . .	8,65	5,40
Asche	2,05	1,14
N	0,15	0,26
C	42,47	38,36
H	6,04	5,89
O	40,64	48,95
	100,00	100,00

Zieht man das Wasser und die Asche ab und macht die geeignete Correction für Stickstoff, so ergaben diese beiden

Analysen und eine andere von Henneberg dargestellte Weizenstrohcellulose folgende Zusammensetzung, verglichen mit reiner Cellulose:

	Roggenstrohfaser	Leinenfaser	Weizenstrohfaser	reine Cellulose
C . . .	47,5	41,0	45,4	44,4
H . . .	6,8	6,4	6,3	6,2
O . . .	45,7	52,6	48,3	49,4
	100,0	100,0	100,0	100,0

Franz Schulze von Rostock schlug im Jahre 1857 eine andere Methode vor, um Cellulose darzustellen, die, wie neuerdings 1866 gezeigt wurde, noch genauer, wie die vorher beschriebene ist. Kühn, Arenstein und H. Schulze (Henneberg's Journal für Landwirthschaft 1866, S. 289 bis 297) haben diese Methode in folgender Weise angewendet. Ein Theil trockner, pulverisirter Substanz (2 bis 4 Grm.), die vorher mit Alkohol und Aether ausgezogen sind, werden in eine mit Glasstopfen versehene Flasche mit 0,8 Theilen chlorsaurem Kali und 12 Theilen Salpetersäure von 1,10 specif. Gewicht bei einer Temperatur, die 18,3° Cels. nicht übersteigt, 14 Tage digerirt. Nach Verfluß dieser Zeit wird der Inhalt dieser Flasche mit etwas Wasser gemischt, auf ein Filter gebracht, erst mit kaltem und dann heißem Wasser ausgewaschen. Wenn alle Säure und löslichen Körper ausgewaschen sind, wird der Inhalt des Filters in ein Becherglas geleert und 45 Minuten mit verdünntem Ammoniak (1 Theil käufliches Ammoniak mit 50 Theilen Wasser) auf 74° Cels. erwärmt.

Die Substanz wird dann auf ein gewogenes Filter gebracht und zuerst so lange mit verdünntem Ammoniak behandelt, als dieses noch gefärbt abfließt, dann mit kaltem und heißem Wasser, dann mit Alkohol und endlich mit Aether ausgewaschen.

Die zurückbleibende Substanz enthält eine kleine Menge Asche und Stickstoff, für welche eine Correction eintreten muß. Die Faser ist indessen reiner, als die nach der andern Methode

dargestellte, und man erhält eine etwas größere Menge (1/2 bis 1 1/2 Procent). Die Resultate scheinen etwa 1 Procent von der Wahrheit abzuweichen.

Die mittlere Menge Cellulose, die man in verschiedenen Vegetabilien in lufttrockenem Zustande gefunden, ist folgende:

Gehalt der Pflanzen an Cellulose.

	Procent		Procent
Kartoffeln	1,1	Rother Klee in Blüthe .	10
Weizen	3,0	Heu	34
Weizenmehl	0,7	Timotheeheu	23
Mais	5,5	Maisstroh	38
Gerste	8,0	Haferstroh	40
Hafer	10,3	Weizenstroh	48
Buchweizen	15,0	Roggenstroh	54

Stärke, $C_{12}H_{20}O_{10}$. Die Zellen von Weizen, Korn und allen anderen Körnerfrüchten, die Knollen der Kartoffel enthalten diesen bekannten Körper im Ueberfluß.

Sie kommt auch in dem Holz aller Waldbäume, besonders im Herbst und Winter vor. Sie häuft sich in außerordentlicher Menge in dem Mark einiger Pflanzen an, wie in der Sago-Palme (Metroxylon Rumphii) auf den Malaiischen Inseln, wo ein einzelner Baum 800 Pfd. liefern kann.

Die Stärke kommt in größerer oder kleinerer Menge in jeder Pflanze, die man untersucht hat, vor.

Die Darstellung der Stärke aus Kartoffel ist sehr einfach.

Die Kartoffel enthält im Durchschnitt 76 Procent Wasser, 20 Procent Stärkemehl und 1 Procent Cellulose, während die zurückbleibenden 3 Procent größtentheils aus in Wasser leicht löslichen Materialien bestehen. Man reibt die Kartoffeln zu einem Brei, wobei die Zellen gebrochen und die Stärkekörner in Freiheit gesetzt werden. Der Brei wird dann auf feinen Sieben in einem Strom von Wasser aufgerührt. Das Wasch-

wasser fließt durch suspendirte Stärke milchig getrübt ab, während die Cellulose auf dem Siebe zurückbleibt. Die milchige Flüssigkeit läßt man in Bottichen absetzen, gießt dieselbe dann ab, sammelt und trocknet die Stärke.

Weizenstärke wird gewöhnlich dargestellt, indem man Weizenmehl mit Wasser gemischt mehrere Wochen faulen läßt. Durch diesen Proceß wird der Kleber gelöst und durch Waschen mit Wasser von der unveränderten Stärke entfernt.

Gegenwärtig wird aus Mais viel Stärke gewonnen. Eine verdünnte Lösung von Aetznatron wird zur Lösung des Eiweißstoffs angewendet (siehe später). Die zurückbleibende Stärke und Kleie werden in Wasser vertheilt, wobei die Kleie sich rasch setzt, während das Wasser, zur richtigen Zeit abgelassen, die reine Stärke, die Kornstärke des Handels, die auch als Maizena bekannt ist, absetzt.

In ähnlicher Weise bereitet man von Reis, Roßkastanien und verschiedenen anderen Pflanzen Stärke.

Arrow-root ist Stärke, die durch Reiben und Auswaschen der Wurzelschößlinge von Maranta Indica, Maranta Arundinacea, Pflanzen, die in Westindien einheimisch sind, gewonnen wird.

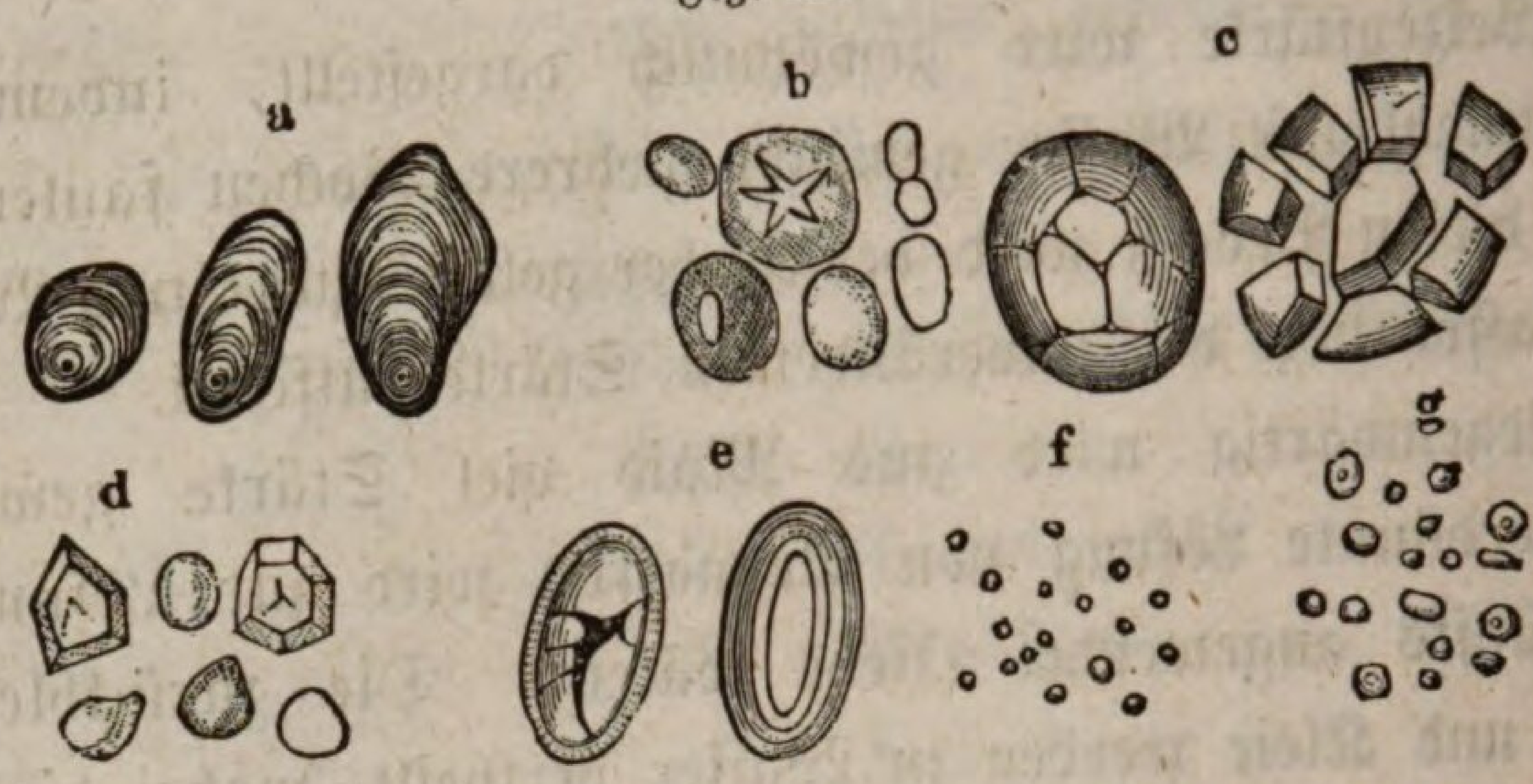
Experiment 25. Reibe reine Kartoffeln auf einem Reibeisen. Binde den Brei in ein Stück nicht zu feinen Musselin ein und drücke die Masse wiederholt in einem Quart oder mehr Wasser aus. Die Stärkekörner gehen durch die Maschen des Tuches, während die Cellulose zurückbleibt. Lasse die Flüssigkeit bis die Stärke sich gesetzt stehen, gieße dann das Wasser ab und trockne den Rückstand.

Wie man die Stärke gewöhnlich sieht, ist sie ein weißes Pulver, welches aus kleinen gerundeten Körnern besteht, weshalb sie sich leicht knirschend anfühlt. Wenn man sie unter starker Vergrößerung betrachtet, zeigen die Stärkekörner oft charakteristische Formen und Größen.

In der Kartoffelstärke sind sie ei- oder nierenförmig und deutlich mit gekrümmten Linien oder Rinnen, welche einen

Punkt oder Auge umgeben, gezeichnet, *a*, Fig. 12. Weizenstärke besteht aus Körnern, die gleich einem dicken Brennglas aussehen oder wie bei Brillengläsern eine Vertiefung in der

Fig. 12.



Mitte haben, *b*. Haferstärke besteht aus zusammengesetzten Körnern, welche leicht in noch kleinere Körnchen zerdrückt werden können, *c*. Bei Mais und Reis sind die Körner gewöhnlich so dicht in die Zellen gepackt, daß sie eckige (sechsseitige) Außenlinien darbieten, wie in *d*. Die Stärke von Erbsen und Bohnen haben die Gestalten wie in *e*. Die außerordentlich kleinen Stärkekörner der Pastinake sind in *f*, und die der Zuckerrübe in *g* dargestellt.

Die Körner der Kartoffelstärke gehören zu den stärksten, indem sie oft $^1/_{300}$ eines Zolles Durchmesser haben. Weizenstärke $^1/_{1000}$ eines Zolles; die von Reis $^1/_{3000}$ eines Zolles, während die Stärkekörner von Zuckerrüben noch kleiner sind. Ungeformte Stärke kommt nach Schleiden (Botanik, S. 127) als eine Gallerte in mehreren Pflanzen vor. Dragendorff behauptet, in dem Samen des Rapses und des Senfes komme die Stärke nicht in der Form von Körnern, sondern im ungeformten Zustande vor, von dem er glaubt, daß es derselbe ist, den Schleiden beobachtet hat.

Die Stärke wird von kaltem Wasser nicht gelöst, wenn sie nicht gebrochen ist (siehe Experiment 26), und setzt sich schnell, wenn suspendirt, in demselben nieder.

Wenn Stärke längere Zeit mit kaltem Wasser zerrieben wird, wodurch die Körner zerbrochen werden, so enthält die Flüssigkeit nach dem Filtriren oder nach längerem Absetzen, bis die Flüssigkeit klar ist, eine außerordentlich geringe Menge Stärke. Wenn Stärke mit 12 bis 15 mal ihrem Gewichte Wasser bis nahe dem Siedepunkt erhitzt wird, so schwellen die Körner auf und zerspringen oder blättern sich auseinander, das Wasser wird absorbirt und das Ganze bildet eine Gallerte. Dies ist der Stärkekleister, der von den Büglerinnen zum Steifen der Wäsche gebraucht wird. Die Stärke wird bei dieser Behandlung nur sehr wenig aufgelöst (siehe Experiment 27). Beim Frieren scheidet sie sich beinahe vollständig ab.

Wenn Stärkekleister getrocknet wird, bildet er eine harte, horngleiche Masse.

Tapioca und Sago sind Stärke, die durch Erhitzen, während sie noch feucht ist, theilweise in Stärkekleister umgewandelt wird und im Trocknen mehr oder weniger ein durchscheinendes Ansehen gewinnt. Tapioca wird aus den Wurzeln des Manihot, einer Pflanze, welche in Westindien und Südamerika cultivirt wird, gewonnen. Cassava ist ein durch Röstung erzeugtes Präparat derselben Stärke. Sago wird auf den Inseln des Ostindischen Archipelagus aus dem Mark einer Palme bereitet. Er wird gekörnt, indem man den steifen Brei durch metallische Siebe preßt. Tapioca sowohl als Sago werden jetzt von Kartoffelstärke nachgeahmt.

Erkennungsmittel für Stärke. Der Chemiker ist im Stande, Stärke mit der größten Leichtigkeit und Sicherheit durch ihr eigenthümliches Verhalten gegen Jod zu erkennen, welches, in Wasser oder Alkohol gelöst, mit Stärke in Berührung gebracht derselben eine prachtvolle blaue Farbe ertheilt. Dieses Erkennungsmittel kann selbst bei mikroskopischen Beobachtungen mit der größten Leichtigkeit angewendet werden.

Experiment 26. Schüttle in einer Probirröhre 30 C. C. Wasser und Stärke von der Größe eines Maiskornes durcheinander. Füge unter Umrühren tropfenweise Jodlösung zu, bis eine schwache bläuliche Färbung entsteht. Gieße die Hälfte der Flüssigkeit in eine andere Probirröhre und füge den vierten Theil ihrer Menge Jodlösung zu. Die letztere Portion erscheint intensiv blau bei durchgehendem, oder beinahe schwarz bei reflectirtem Lichte.

In dem ersten Falle, wo die Stärke vorwiegt, bemerkt man beim Stehen, daß dieselbesich zu Boden setzt und eine farblose Flüssigkeit hinterläßt, welches die Unlöslichkeit der Stärke in kaltem Wasser beweist. Die Stärke selbst hat einen bläulichen oder rothen Stich. In dem Falle, daß Jod im Ueberschuß angewendet wurde, ist die abgelagerte Stärke blauschwarz.

Experiment 27. Lege ein Bischen Stärke, soviel als ein Weizenkorn, in 30 C. C. kaltes Wasser und erhitze es zum Kochen. Die Stärke wird in einen dünnen durchscheinenden Kleister umgewandelt. Daß ein Theil gelöst ist, zeigt sich, wenn man die Flüssigkeit filtrirt und zur Hälfte des Filtrats wenige Tropfen Jodlösung zufügt, wodurch man eine vollständig klare, blaue Flüssigkeit erhält. Die Empfindlichkeit der Reaction zeigt man, indem man zu 30 C. C. Wasser ein wenig Jodlösung setzt und zeigt, daß wenig Tropfen Stärkelösung hinreichen, die große Menge Flüssigkeit bemerkbar blau zu färben.

Bei der längeren Einwirkung trockener Wärme, heißem Wasser, Säuren oder Alkalien verwandelt sich die Stärke erst in Dextrin und endlich in Stärkezucker (Glucose), wie wirgleich sehen werden.

Dieselbe Umwandlung wird durch die Einwirkung von Hefe und der sogenannten Diastase von gekeimtem Getreide erzielt (siehe später).

Der Speichel von Menschen und Pflanzenfressern löst in der Regel gleichfalls die Stärke bei Blutwärme, indem er dieselbe in Zucker umwandelt. Weit vollständiger wird dieselbe durch die Flüssigkeiten der großen Eingeweide in Zucker umgewandelt. Sie wird auf diese Weise, wenn sie von Thieren verzehrt ist, verdaut. Sie ist in der That einer der wichtigsten Bestandtheile der Nahrung für Menschen und die Hausthiere.

Die Wirkung des Speichels zeigt, daß die Stärkekörner nicht gleichartig sind, sondern eine geringe Menge nicht leicht in dieser Flüssigkeit lösliche Materie enthält. Diese bleibt als ein zartes Skelett zurück, nachdem alles Uebrige der Körner gelöst ist. Es ist wahrscheinlich Cellulose.

Die chemische Zusammensetzung der Stärke ist mit der Cellulose identisch (siehe S. 51).

Lufttrockene Stärke enthält immer eine beträchtliche Menge hygroskopisches Wasser, welches gewöhnlich von 12 bis 20 Procent wechselt.

Nächst Wasser und Cellulose ist die Stärke der am reichlichsten vorkommende Bestandtheil landwirthschaftlicher Pflanzen. In der beifolgenden Tafel sind die Mengen, welche in verschiedenen vegetabilischen Producten vorkommen, wie sie von Dr. Dragendorff bestimmt wurden, angegeben. Die Mengen sind indessen etwas veränderlich.

Da die Zahlen größtentheils auf lufttrockene Substanzen sich beziehen, so ist das Verhältniß des hygroskopischen Wassers ebenfalls gegeben; da dieses auch wechselnd ist, so muß dasselbe bei jeder genauen Vergleichung in Betracht gezogen werden.

Menge der Stärke in den Pflanzen.

	Wasser, Procent	Stärke, Procent
Weizen	13,2	59,5
Weizenmehl . . .	15,8	68,7
Roggen	11,0	59,7
Hafer	11,9	46,6
Gerste	11,5	57,5
Timotheesamen . .	12,6	45,0
Reis (enthülst) . .	13,3	61,7
Erbsen	5,0	37,3
Bohnen (weiße) .	16,7	33,0
Kleesamen	10,8	10,8
Senfsamen	8,5	9,9
Leinsamen	7,6	23,4
Rapssamen	5,8	8,6
Teltower Rüben .	Trockensubstanz	9,8
Kartoffeln	—	62,5

Stärke wird nach verschiedenen Methoden quantitativ bestimmt.

1) Bei den Kartoffeln und Getreidearten kann sie roh direct auf dem mechanischen Wege der Trennung bestimmt werden.

Für diesen Zweck nimmt man 5 bis 20 Gr. von der Substanz und vertheilt sie fein durch Reiben (Kartoffeln) oder durch Aufweichen in warmem Wasser und Verreiben im Mörser (Getreidekörner).

Den so erhaltenen Brei wäscht man entweder auf einem feinen Haarsiebe oder in Säckchen von Musselin aus, bis das Wasser klar abläuft. Man läßt die Stärke absitzen, trocknet und wiegt. Der Werth dieser Methode hängt von der Sorgfalt der Operation ab. Der Betrag der Stärke fällt etwas zu niedrig aus, weil es unmöglich ist, alle kleinen Zellen der verwendeten Substanz aufzubrechen.

2) In vielen Fällen kann man die Stärke mit mehr Genauigkeit durch Ueberführung in Zucker bestimmen (siehe S. 72).

Dr. Dragendorff im Laboratorium in Rostock verfährt bei der Stärkebestimmung folgendermaßen: Die gepulverte Substanz wird nach dem Austrocknen des hygroskopischen Wassers bei 100° Cels. 18 bis 30 Stunden, bei 100° Cels. mit dem zehn- oder zwölffachen Gewicht einer Lösung von 5 bis 6 Theilen Aetzkali in 94 bis 95 Theilen wasserfreiem Alkohol digerirt. Die Digestion muß in einer zugeschmolzenen Glasröhre oder einem silbernen Gefäß, welches vollständigen Verschluß erlaubt, vorgenommen werden. Bei dieser Behandlung werden die Eiweißstoffe Fett, Zucker und Dextrin in einen solchen Zustand gebracht, daß ein einfaches Waschen mit Alkohol und Wasser hinreicht, sie vollständig zu entfernen. Der größte Theil der Phosphorsäure und Kieselsäure wird ebenfalls löslich. Weder die Stärke noch die Cellulose werden qualitativ oder quantitativ verändert. In der That leistet diese Behandlung

ausgezeichnete Dienste, um Stärkekörner für mikroskopische Untersuchungen zu isoliren.

Außer der Stärke und der Cellulose widersteht, mit Ausnahme eines Theils der Oberhäutchen, Gummi und einigen Erdsalzen, nichts der Einwirkung der alkoholischen Kalilösung. Wenn die Digestion beendigt, ist es in besonderen Fällen, wo die Substanzen reich an Fett sind, räthlich, den Inhalt der Glasröhre noch heiß auf ein Filter zu bringen, indem sonst ein Kalisalz der fetten Säuren auskrystallisiren könnte.

Man thut dann wohl, sogleich mit heißem absoluten Alkohol, dann mit kaltem Alkohol von gewöhnlicher Stärke und endlich mit kaltem Wasser auszuwaschen, bis diese verschiedenen Lösungsmittel nichts mehr entfernen. Bei Analysen von Substanzen, welche viel Pflanzenschleim, wie Leinsamen, enthalten, muß das Auswaschen mit 8- bis 10procentigem Alkohol beendigt werden, um das Aufschwellen des Rückstandes zu verhüten.

Das Filter soll von gutem gewöhnlichen (nicht schwedischem) Filtrirpapier, mit Salzsäure ausgewaschen, bei 100° Cels. getrocknet und gewogen sein.

Wenn die Substanz vollständig ausgetrocknet ist, wird das Filter mit Inhalt erst bei 50° Cels. und dann bei 100° Celsius getrocknet. Der Verlust besteht aus Eiweißkörpern, Fett, Zucker und einem Theil der Salze der Substanz. Wenn die drei letzteren besonders bestimmt sind, so kann die Elementaranalyse der Eiweißsubstanzen zur weiteren Controle dienen.

Das Filter mit seinem Inhalt wird nun in Pulver oder Fetzen zerkleinert und das Ganze mit Wasser, welches 5 Procent Salzsäure enthält, erhitzt, bis ein Tropfen der Flüssigkeit nicht mehr mit Jod blau wird. Die Behandlung mit Kali läßt die Stärkekörner in einer solchen Reinheit von jeder incrustirenden Materie zurück, daß die Verwandlung in Dextrin mit großer Schnelligkeit vor sich geht und früher vollendet ist, als eine wahrnehmbare Einwirkung auf die Cellulose beginnt. Wenn

man den Rückstand, der nach der Behandlung mit Salzsäure bleibt, nach dem Waschen und Trocknen wiegt, erhält man das Gewicht von Cellulose, Kork, Lignin, Gummi und die unlösliche feste Substanz (Asche). Wenn man dieses von dem Gewicht der mit Kali erschöpften Substanz abzieht, so erhält man die Menge der Stärke mit großer Genauigkeit. Der einzige Fehler bei dieser Methode liegt in der Lösung einiger Salze durch die Säure. Die Menge ist jedoch so gering, daß sie selten bemerklich ist. Wenn es nöthig wäre, kann man dieselbe in Rechnung setzen, wenn man die saure Lösung zur Trockne verdampft, einäschert und wiegt. Beim Erwärmen mit concentrirtem Malzauszug bei 56° Cels. wird die Stärke allein gelöst, und es ist dann keine Correction für Salze nöthig. Wenn man beabsichtigt, den bei der Umwandlung der Stärke erhaltenen Zucker zu bestimmen, muß man eine noch schwächere Säure anwenden. Im Falle von schleimigen Substanzen muß die Stärke durch Digestion mit einer starken Lösung von Chlornatrium, mit der man die nöthige Menge Salzsäure gemischt hat, ausgezogen werden, und der Rückstand mit Wasser, dem man einigen Alkohol zugemischt hat, ausgewaschen werden (Henneberg, Journal für Landwirthschaft, 1862, S. 206).

Inulin*), $C_{12}H_{20}O_{10}$, erinnert in vielen Punkten sehr nahe an Stärke und scheint diesen Körper in den Wurzeln der Artischocke, des Enzian, der Dahlien, im Löwenzahn, Cichorien und anderen Pflanzen derselben natürlichen Familie der Compositeen zu vertreten. Man erhält es in der Form von außerordentlich kleinen weißen Körnern, welche sich leicht in heißem Wasser auflösen und beim Erkalten sich meistens wieder ausscheiden. Unähnlich der Stärke, kommt das Inulin in den oben erwähnten Pflanzen in flüssiger Form vor und scheidet sich aus dem klar ausgepreßten Safte, wenn dieser einige Zeit steht,

*) Nach den neuesten Untersuchungen von K. Prantl ist Inulin krystallinisch und eher zu den Zuckerarten zu rechnen.

aus. Nach Bouchardat wird der im Winter ausgepreßte Saft der Dahlienknollen eine halbfeste, weiße Masse, indem sich nach einigen Stunden Ruhe 8 Procent dieser Substanz ausscheiden.

Wenn Inulin rein ist, giebt es mit Jod keine Färbung. Es kann in Pflanzen, wo es gewöhnlich in einer Lösung von der Beschaffenheit eines dünnen Oeles vorkommt, erkannt werden, wenn man eine Scheibe der Pflanze in starken Alkohol einweicht. Inulin ist in dieser Flüssigkeit unlöslich, und unter ihrem Einfluß trennt sich dasselbe in kurzer Zeit in Form von runden Körnchen, welche man unter dem Mikroskop erkennen kann. Wenn lange in Wasser gekocht, verwandelt es sich langsam, aber vollständig in eine Art Zucker (Levulose); heiße verdünnte Säuren bewirken die Umwandlung in kurzer Zeit. Es wird von den Thieren verdaut und hat ohne Zweifel denselben Nährwerth wie Stärke.

Die chemische Zusammensetzung des Inulins stimmt vollständig mit der der Cellulose und Stärke überein (siehe S. 51).

Von Dextrin, $C_{12}H_{20}O_{10}$, glaubte man früher, daß es in geringen Mengen in allen Pflanzensäften gelöst vorkäme.

Nach Bibra's neueren Untersuchungen ist die Substanz, die in den Brodfrüchten vorkommt und von früheren Forschern für Dextrin gehalten wurde, in Wirklichkeit Gummi.

Busse, welcher noch später verschiedene junge Getreidepflanzen, Samen und Kartoffeln auf Dextrin untersuchte, fand nur in alten Kartoffeln und jungen Weizenpflanzen, und da nur in sehr geringen Mengen, Dextrin (Jahresbericht für Chemie, 1866, S. 664).

Dextrin ist leicht künstlich durch Umwandlung aus der Stärke zu gewinnen, und sein Interesse für uns liegt wesentlich in dieser Eigenschaft. Wenn man Stärke einige Stunden der Ofenhitze oder 30 Minuten der Temperatur von 232° Cels. aussetzt, so schwellen die Körner und springen auf und werden nach und nach in eine hellbraune Substanz umgewandelt, welche

sich leicht in Wasser auflöst und eine klare Gummilösung bildet. Dieses ist Dextrin, das so im Großen bereitet, vielfach in den Gewerben, besonders beim Baumwollendruck, als ein wohlfeiles Ersatzmittel für Gummi arabicum verwendet wird und auch den Namen englisches Gummi führt.

Beim Backen von Brod wird es aus der Stärke des Mehls gebildet und macht oft 10 Procent des Brodes aus. Der Glanz der Brodkruste und der Biscuits rühren vorzugsweise von einem Ueberzug von Dextrin her. Dextrin ist daher ein wichtiger Bestandtheil derjenigen Nahrungsmittel, welche von Stärke bereitet werden.

Englisches Gummi, das Dextrin des Handels, kommt in durchscheinenden braunen Massen oder als gelbliches Pulver vor. Bei Zufügung von kaltem Wasser löst sich das Dextrin leicht, wobei es einen Theil unveränderter Stärke zurückläßt. Wenn die Lösung mit starkem Alkohol gemischt ist, scheidet sich das Dextrin in weißen Flocken aus, welche beim Umrühren sich zu durchscheinenden salbenartigen Klumpen vereinigen. Mit Jod giebt eine Dextrinlösung des Handels eine helle, blauröthliche Farbe. Reines Dextrin wird von Jod nicht verändert.

Experiment 28. Erhitze einen Löffel voll gepulverter Stärke in einer Porcellanschale vorsichtig unter beständigem Umrühren, damit sie nicht anbrennt, etwa fünf Minuten lang; sie bekommt hierbei eine gelbe und später eine braune Farbe. Nun füge dreimal soviel Wasser hinzu und erhitze nahe zum Sieden. Siehe zu, daß eine schleimige Lösung sich gebildet hat. Schütte sie auf ein Filter; die durchfließende Flüssigkeit enthält Dextrin. Zu einem Theil füge zweimal soviel Alkohol, wodurch Dextrin niedergeschlagen wird. Dem andern Theil füge Jodlösung zu, diese zeigt die Gegenwart von aufgelöster aber unveränderter Stärke, welche gleichfalls fest in beträchtlichen Mengen auf dem Filter zurückbleibt. Zu einer dritten Portion des Filtrates schütte einen Tropfen starker Schwefelsäure und koche wenig Minuten. Prüfe nun mit Jod, welches nun anzeigen wird, daß alle Stärke umgewandelt ist.

Nicht blos Hitze, sondern auch Säuren und Fermente erzeugen Dextrin aus Stärke und aus Cellulose. Bei dem Keimen der Getreidekörner wird es aus Stärke gebildet und ist daher ein Bestandtheil der Maische. Es ist oft im thierischen Körper enthalten. Limpricht erhielt beinahe 1 Pfund Dextrin von 200 Pfund Fleisch eines jungen Pferdes (Annal. d. Chem. u. Pharm. CXXXIII, S. 295).

Die chemische Zusammensetzung des Dextrins ist dieselbe, wie die der Cellulose, der Stärke und des Inulins.

Das Gummi. Es kommen in dem Pflanzenreich eine Anzahl von Körpern vor, die wegen der Aehnlichkeit ihrer Eigenschaften die gemeinschaftliche Bezeichnung Gummi erhalten. Am besten bekannt ist Gummi arabicum oder Arabin; das Gummi der Kirschen und Pflaumen oder Cerasin; Traganthgummi und Basoragummi, Bassorin; und der vegetabilische Schleim von Eibisch und Beinwurz (Symphytum) und von manchen Samen, wie Leinsamen und Quitten.

Arabin. Gummi arabicum oder Arabin schwitzt aus dem Stengel verschiedener Akazienarten, die in den tropischen Gegenden des Ostens, besonders in Arabien und Egypten, wachsen. Es kommt in thränengleichen, durchsichtigen, und in seiner reinsten Form in farblosen Massen vor. Diese lösen sich leicht in ihrem gleichen Gewichte Wasser und bilden eine klebrige Flüssigkeit oder Schleim, der als Bindemittel für Papier und zum Verdicken der Farben beim Baumwollendruck gebraucht wird. Verbrenut man Gummi arabicum, so hinterläßt es ungefähr 3 Procent Asche, die meist aus kohlensaurem Kalk und Kali besteht; es ist in der That eine Verbindung von Kalk und Kali mit Arabinsäure.

Arabinsäure erhält man rein, wenn man eine starke Lösung von Gummi arabicum mit Salzsäure mischt und Alkohol zufügt. Sie wird so als eine milchweiße Masse niederge-

schlagen, welche, bei 100° Cels. getrocknet, durchsichtig wird und die Zusammensetzung $C_{12}H_{22}O_{11}$ hat.

100 Theile Arabinsäure enthalten:

Kohlenstoff	42,12
Wasserstoff	6,41
Sauerstoff	51,47
	100,00

Wird sie einer Temperatur von 120° Cels. ausgesetzt, so verliert sie ein Molecül Wasser, und wird unlöslich in Wasser, indem sie in Metarabinsäure (Fremy's Acide metagummique) umgewandelt wird.

Cerasin. Das Gummi, welches häufig glasige Massen an der Rinde der Kirschen-, Pflaumen-, Aprikosen-, Pfirsichen- und Mandelbäume bildet, ist eine Mischung von Arabin oder arabinsaurem Salze von Kalk und Kali ꝛc. mit Cerasin oder metarabinsaurem Kalk und Kalisalzen in wechselnden Verhältnissen. Kaltes Wasser löst das erstere, während das letztere als eine aufgequollene, teigige Masse oder Gallerte ungelöst zurückbleibt.

Metarabinsäure wird wie oben erwähnt dargestellt, indem man Arabinsäure einer Temperatur von 120° Cels. unterwirft; ihre Zusammensetzung ist $C_{12}H_{20}O_{10}$. Sie wird gleichfalls erzeugt, wenn man zu einer Lösung von Gummi arabicum Schwefelsäure bringt. Andererseits wird Metarabinsäure beim Kochen mit Wasser und etwas Kalk oder einem Alkali in Arabinsäure umgewandelt. Metarabinsäure sowohl als ihre Verbindungen mit Kalk und Kali ꝛc. sind in Wasser unlöslich.

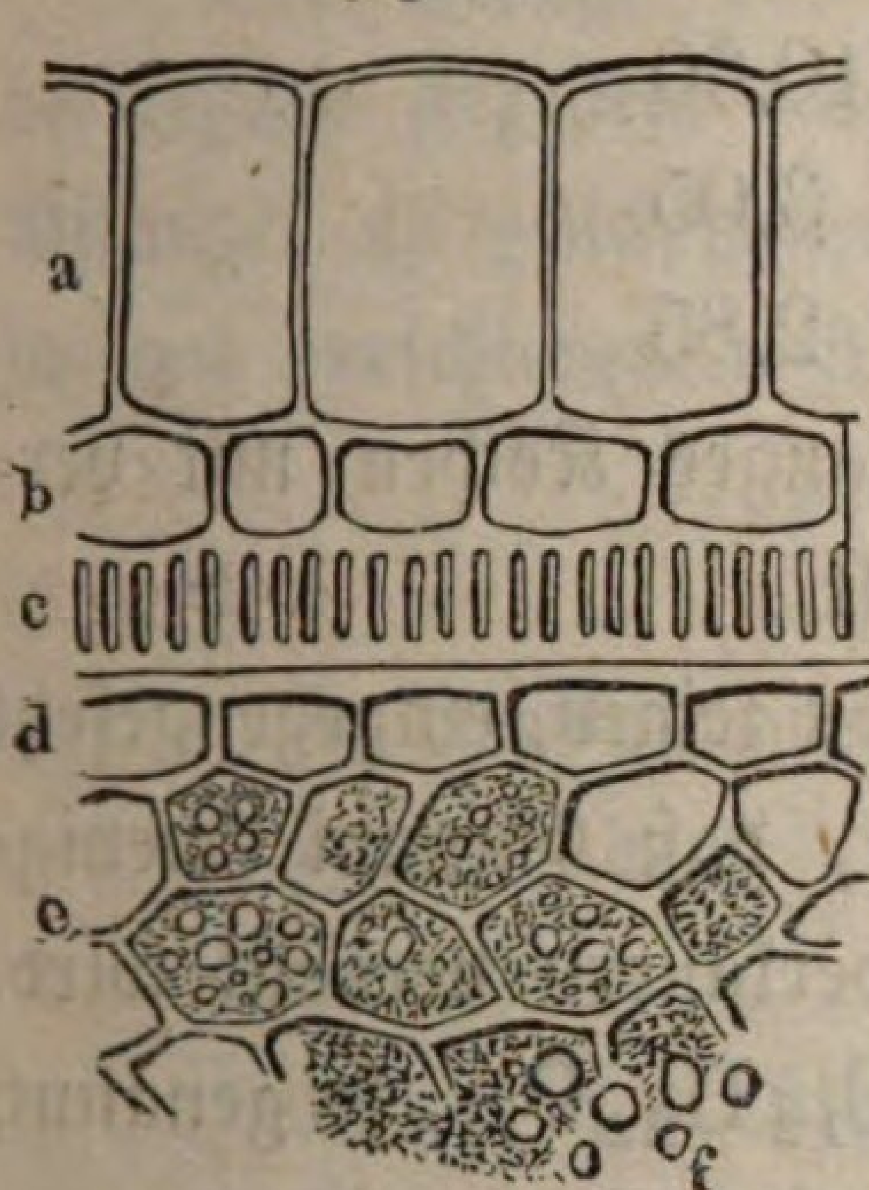
Bassorin, $C_{12}H_{20}O_{10}$, wie man es im Traganthgummi findet, hat viele Aehnlichkeit in seinen Eigenschaften mit Metarabinsäure, es ist unlöslich in Wasser, schwillt darin aber zu einem Teig oder einer Gallerte auf.

Pflanzenschleim, $C_{12}H_{20}O_{10}$, hat dieselbe Zusammensetzung und beinahe dieselben Eigenschaften wie Bassorin und

ist möglicherweise identisch mit demselben. Er ist ein beinahe allgemein in den Pflanzen vorkommender Bestandtheil.

Man verschafft sich ihn rein, indem man ganzen Leinsamen in kaltem Wasser einweicht und unter häufigem Umrühren die Flüssigkeit zum Sieden erhitzt, durchseihet und verdampft, bis die Zufügung von Alkohol zähe Fäden ausscheidet. Er wird dann durch Alkohol, der etwas Salzsäure enthält, niedergeschlagen und mit derselben Mischung ausgewaschen. Beim Trocknen bildet er eine hornige, farblose, zerreibliche Masse. Fig. 13 stellt den sehr vergrößerten Querschnitt eines Leinsamenkornes dar. Die äußeren Zellen *a* enthalten den Pflanzenschleim. Wenn der Same in Wasser eingeweicht wird, schwillt der Schleim auf, sprengt die Zellen und tritt aus.

Fig. 13.



Eine oder die andere Art Gummi hat man in folgenden Pflanzen gefunden: Ulmen, Aepfeln, Trauben, in der Bohne von Ricinus, Futterrübe, Thee, Sonnenblume, Pfeffer, in verschiedenen Seegewächsen, in dem Samen von Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Mais, Buchweizen und Hirse.

In den Brodfrüchten kommt Arabin, oder zum wenigsten ein lösliches Gummi, oft in beträchtlichen Mengen vor.

Tafel über das Verhältniß von Gummi in verschiedenen lufttrockenen Pflanzen und Pflanzentheilen.

(Nach Bibra, Die Getreidearten und das Brod.)

Weizen	4,50
Weizenmehl, feinstes	6,25
Spelzmehl	2,48
Weizenkleie	8,85

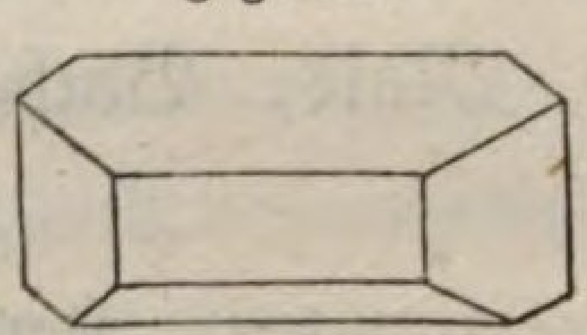
Spelzkleie	12,52
Roggen	4,10
Roggenmehl	7,25
Roggenkleie	10,40
Gerstenmehl	6,33
Gerstenkleie	6,88
Hafermehl	3,50
Reismehl	2,00
Hirsemehl	10,60
Maismehl	3,05
Buchweizenmehl . .	2,85

Die Gummiarten werden durch langes Kochen mit verdünnten Säuren in Zucker umgewandelt.

Die neueren Versuche von Grouven zeigen, entgegengesetzt von dem, was man seither gelehrt hat, daß Gummi (wenigstens Gummi arabicum) von den Wiederkäuern verdaut wird.

Saccharose oder Rohrzucker, $C_{12}H_{22}O_{11}$, so genannt, weil er zuerst und vorzugsweise aus Zuckerrohr bereitet wurde, ist der gewöhnliche Zucker des Handels. Wenn rein, ist er weiß, fest, leicht löslich in Wasser. Er bildet damit eine farblose, klebrige und äußerst süße Lösung. Er krystallisirt in rhombischen Prismen (Fig. 14), welche gewöhnlich im Hutzucker sehr klein sind, aber in der Form von Kandiszucker findet man Krystalle von Zollgröße und darüber. Der krystallisirte Zucker, der in Europa in großer Menge aus Zuckerrüben gewonnen wird und in den Vereinigten Staaten aus Zuckerahorn und Sorghum, ist, wenn rein, identisch mit Rohrzucker.

Fig. 14.



Saccharose kommt auch in den Frühjahrssäften der Wallnüsse, Birken und anderer Bäume vor. Sie kommt in den unreifen Maisstengeln, im Nektar der Blumen, in frischem Honig, in der Pastinake, Turnips, den gelben Rüben, Peter=

silie, Topinambur, in den Stengeln und Wurzeln der Gräser und in einer Menge von Früchten vor.

Experiment 29. Erhitze einen Löffel voll Zucker, bis er (bei 180 ° Cels.) zu einer klaren gelben Flüssigkeit schmilzt. Beim raschen Erkalten giebt er eine durchsichtige Masse, den bekannten Gerstenzucker, welcher in der Zuckerbäckerei verwendet wird. Bei höherer Hitze wird er braun, schäumt, giebt stechende Dämpfe aus und wird gebrannter Zucker (Caramel), welcher zum Färben von Getränken gebraucht wird.

Die Menge des Zuckers in verschiedenen Pflanzen ist beifolgend gegeben. Sie ist natürlich veränderlich, je nach der Pflanze, ob Zuckerrohr, Zuckerrübe oder Sorghum, wie auch in den verschiedenen Wachsthumsstadien dieser Pflanzen:

Zucker in Pflanzen:

	Procent
Zuckerrohr, durchschnittlich .	18 (Peligot)
Zuckerrübe	10
Sorghum	9,5 (Goeßmann)
Mais in Blüthe	3,75 (Lüdersdorff)
Zuckerahorn, durchschnittlich	2,5 (Liebig)
Gewöhnlicher Ahorn	2,5 „

Wenn eine Lösung dieses Zuckers mit verdünnter Säure erwärmt wird oder man läßt Hefe darauf wirken, so verwandelt sie sich in eine Mischung von gleichen Theilen Levulose (Fruchtzucker) und Glucose (Traubenzucker).

Die Zusammensetzung des Rohrzuckers ist dieselbe wie die der Arabinsäure, er enthält in 100 Theilen

Kohlenstoff . . .	42,11
Wasserstoff . . .	6,43
Sauerstoff . . .	51,46
	100,00

Levulose oder Fruchtzucker, $C_{12}H_{24}O_{12}$, kommt mit anderen Zuckerarten gemischt in süßen Früchten, im Honig und Melasse vor. Das Inulin wird in diesen Zucker durch längeres Kochen mit verdünnter Säure oder Wasser allein

umgewandelt. Wenn rein, ist er eine amorphe Masse. Er ist unfähig zu körnen oder zu krystallisiren und kommt gewöhnlich in einer geringen Menge Wasser gelöst als Syrup vor. Seine Süße ist dem Rohrzucker gleich.

Levulose enthält in 100 Theilen:

Kohlenstoff . . .	40,00
Wasserstoff . . .	6,67
Sauerstoff . . .	53,33
	100,00

Glucose oder Traubenzucker, $C_{12}H_{24}O_{12}$, kommt natürlich mit Levulose vereinigt in den Säften der Pflanzen und im Honig vor. Körnchen von Traubenzucker scheiden sich im Safte der Trauben beim Trocknen aus, wie man diese in den Rosinen findet. Honig körnt sich oder verzuckert beim langen Aufbewahren durch die Krystallisation von Traubenzucker.

Traubenzucker wird durch Einwirkung von heißer, verdünnter Säure auf Dextrin, in gleicher Weise wie Fruchtzucker aus Inulin gebildet.

Er verbindet sich mit Wasser chemisch in zwei Verhältnissen: Einfach gewässerter Traubenzucker ($C_{12}H_{24}O_{12}H_2O$) oder Anthon's harter, krystallisirter Traubenzucker, welcher in Deutschland nach einem geheimen Verfahren bereitet wird und sich trocken anfühlt. Dann zweifach gewässerter Traubenzucker ($C_{12}H_{24}O_{12}2H_2O$), der in unreinem Zustande als eine weiche, klebrige, krystallisirte Masse, die bei etwas erhöhter Temperatur teigig wird, in den Handel kommt.

Beide verlieren ihr Krystallwasser bei 100° Cels.

In Wasser gelöst giebt Traubenzucker einen dünnen Syrup, der nicht klebrig wie der Rohrzucker ist. Er krystallisirt nicht so leicht, als Rohrzucker.

Experiment 30. Mische 100 C.C. Wasser mit 30 Tropfen starker Schwefelsäure und erhitze es in einem Glaskolben zu starkem Sieden. Rühre 10 Gramme Stärke mit etwas Wasser an und schütte die Mischung tropfenweise in die heiße Flüssigkeit, so daß das Kochen nicht unterbrochen wird. Die Stärke löst sich und geht erst in Dextrin und

dann in Traubenzucker über. Man fährt mit dem Kochen einige Stunden fort unter Erneuerung des verdunsteten Wassers. Um die Schwefelsäure von der etwa von Beimischungen der Stärke noch milchigen Flüssigkeit zu entfernen, füge man Kalkpulver zu, bis der saure Geschmack verschwindet, filtrire von dem gebildeten schwefelsauren Kalk (Gyps) die Flüssigkeit ab und dampfe die Traubenzuckerlösung*) bei gelinder Wärme zu Syrupsdicke ab. Bei langem Stehen krystallisirt oder körnt er sich auch öfters.

Nach dieser Methode wird der sogenannte Kartoffel- oder Stärkezucker des Handels bereitet, der dem Traubensafte beigemischt wird, um einen stärkeren und besseren Wein zu erhalten, auch wird er zur Fälschung von gepulvertem Rohrzucker verwendet.

Beim Keimen und Malzen von Getreide wird aus der Stärke gleichfalls Traubenzucker**) gebildet.

Sogar Cellulose ist durch längere Einwirkung von heißer verdünnter Säure in Traubenzucker umwandelbar, und man hat auf diese Weise aus Sägespänen unreinen Syrup dargestellt, der zur Herstellung von Alkohol geeignet ist.

Bei der Bildung von Traubenzucker aus Stärke, Cellulose und Dextrin nehmen letztere Substanzen die Elemente von Wasser auf, wie bei der folgenden Gleichung dargestellt ist.

$$\underset{\text{Stärke etc.}}{C_{12}H_{20}O_{10}} + \underset{\text{Wasser}}{2H_2O} = \underset{\text{Traubenzucker}}{C_{12}H_{24}O_{12}}$$

Bei diesem Proceß geben 90 Theile Stärke 100 Theile Traubenzucker.

Trommer's Zuckerprobe. Ein charakteristisches Erkennungsmittel für Frucht- und Traubenzucker ist ihr Verhalten gegen alkalische Kupferoxydlösung, welche leicht ihren Sauerstoff an den Zucker abgiebt und dadurch zu gelbem oder rothem Oxydul reducirt wird.

---

*) Wenn das Kochen etwa eine Stunde gedauert hat, enthält der Traubenzucker Dextrin, was man ermitteln kann, wenn man eine kleine Menge der noch sauren Flüssigkeit mit dem fünffachen Gewicht starkem Alkohol mischt, welcher das Dextrin, aber nicht den Traubenzucker fällt.

**) Nach einigen Chemikern ist der Malzzucker von Traubenzucker verschieden und ist Maltose genannt worden. Wahrscheinlich ist aber die sogenannte Moaltse nur eine Mischung von Dextrin und Traubenzucker.

Experiment 31. Man bereitet die Kupferlösung, indem man in 30 C. C. warmen Wassers eine Prise schwefelsaures Kupferoxyd und ebenso viel Weinsäure löst; man fügt nun zu der Flüssigkeit so viel Kalilösung, bis man sie schlüpfrig an der Haut fühlt.

Schütte in verschiedene Proberöhren, in die eine wenige Tropfen der Zuckerlösung, in die andere ebenso viel Dextrinlösung von Experiment 28; in eine dritte Traubenzucker von Rosinen oder von Experiment 30 und in eine vierte Melasse; füge zu jedem ein wenig Kupferlösung und setze sie in ein Gefäß mit heißem Wasser.

Man bemerkt, daß Rohrzucker und Dextrin lange Zeit keine Veränderung erleiden, während Traubenzucker und Melasse in Kurzem die Ausscheidung von Kupferoxydul bewirken.

Experiment 32. Erhalte mit 30 C. C. Wasser und 3 Tropfen starker Schwefelsäure ein wenig Rohrzucker in einer Porcellanschale etwa 15 Minuten im Sieden und ersetze im Nothfall das verdampfte Wasser und prüfe die Flüssigkeit, wie vorher. Man findet dann, daß diese Behandlung den Rohrzucker in Traubenzucker (und Fruchtzucker) umgewandelt hat.

Die quantitative Bestimmung des Zuckers und der Stärke ist gewöhnlich auf die eben beschriebene Reaction gegründet. Für diesen Zweck wird die alkalische Kupferlösung von einer bekannten Stärke durch Auflösen eines bestimmten Gewichtes schwefelsauren Kupferoxydes in einem bestimmten Volum Wasser, und ebenso ein bekanntes Volum Trauben- oder Fruchtzucker oder einer Mischung beider hergestellt; diese nun läßt man aus einer graduirten Röhre in eine gemessene Portion warmer Kupferlösung fließen, bis die blaue Farbe verschwindet. Durch Versuche hat man ermittelt, daß ein Theil Glucose oder Levulose 2,205 Theile Kupferoxyd reducirt. Stärke und Rohrzucker wird zuerst durch Kochen mit verdünnter Säure in Glucose und Levulose umgewandelt und dann auf gleiche Weise geprüft. Für die genaueren Details siehe in Fresenius' Quantitative Analyse.

Wie schon bemerkt, verliert Rohrzuckerlösung bei längerem Kochen mit verdünnten Säuren (Experiment 32) und durch Hefe die Eigenschaft, leicht zu krystallisiren, und wird in Levulose und Glucose umgewandelt.

Nach Dubrunfaut nehmen zwei Molecüle Rohrzucker die Elemente von 2 Molecülen (5,26 Procent) Wasser auf und geben eine Mischung von gleichen Theilen Levulose und Glucose.

Diese Umwandlung wird in chemischen Symbolen wie folgt ausgedrückt:

$$2(C_{12}H_{22}O_{11}) + 2H_2O = C_{12}H_{24}O_{12} + C_{12}H_{24}O_{12}$$

Rohrzucker — Wasser — Levulose — Glucose

Die Veränderlichkeit des Rohrzuckers beim Erhitzen seiner Lösung verursacht einen Verlust von einem Drittel bis ein Halb dessen, was im Zuckerrohrsaft wirklich enthalten ist, und ist der Grund, warum fester Zucker so schwer von Sorghum zu erhalten ist. Melasse, Sorghumsyrup und Honig enthalten gewöhnlich von allen drei Zuckerarten.

In der Melasse ist der Rohrzucker sowohl als der Traubenzucker durch den Fruchtzucker und die salzigen Bestandtheile, die vom Zuckerrohrsaft herrühren, am Krystallisiren gehindert. Honigthau, der bisweilen in sichtbaren Tropfen sich auf den Blättern der Linde und anderer Bäume findet, ist wesentlich eine Mischung dieser drei Zuckerarten mit etwas Gummi. Die Manna von Syrien und Kurdistan ist von ähnlicher Zusammensetzung. Die älteren Beobachter nahmen die Gegenwart von Glucose im Brodgetreide an. So fand Vauquelin oder wollte 8,5 Procent dieses Zuckers in Odessa-Weizen gefunden haben. Später haben Peligot, Mitscherlich und Stein die Gegenwart jeden Zuckers in dem Getreide geleugnet.

In seinem Werke (Die Getreidearten und das Brod, 1860, S. 193) hat von Bibra diese Frage wieder geprüft und im frischgemahlenen Weizen einen Zucker gefunden, der einige Eigenschaften des Rohrzuckers und andere der Glucose und Levulose hat. Es ist daher wohl eine Mischung.

Bibra fand in dem Mehle von verschiedenen Getreidearten folgende Quantitäten Zucker:

Verhältniß von Zucker in lufttrockenem Mehl und Kleie.

	Procent
Weizenmehl	2,33
Spelzmehl	1,41

	Procent
Weizenkleie	4,30
Spelzkleie	2,70
Roggenmehl	3,46
Roggenkleie	1,86
Gerstenmehl	3,04
Gerstenkleie	1,90
Hafermehl	2,19
Reismehl	0,39
Hirsemehl	1,30
Maismehl	3,71
Buchweizenmehl	0,91

Glucoside. Es kommen im Pflanzenreiche eine große Zahl von Körpern gewöhnlich von bitterem Geschmack vor, die Glucose oder einen ähnlichen Zucker, der chemisch mit anderen Substanzen verbunden (gepaart) ist, enthalten oder denselben bei der Zersetzung liefern. Tannin, das bittere Princip der Eichenrinde und Galläpfel, Salicin von der Weidenrinde, Phloridzin von der Rinde der Apfelbaumwurzel und die Bitterstoffe der Jalapawurzel, Roßkastanie und Mandel sind Körper dieser Art. Der Zucker kann von diesen sogenannten Glucosiden durch Erwärmen mit verdünnter Säure erhalten werden.

Andere Zuckerarten. Andere Zucker oder zuckerähnliche Körper, die in den Pflanzen vorkommen, aber keine ausführliche Behandlung erfordern, sind folgende:

Mannit, $C_6 H_{14} O_6$, ist reichlich in der sogenannten Manna der Apotheken enthalten, die als Saft aus der Rinde verschiedener Eschenarten, die in der östlichen Hemisphäre wachsen (Fraxinus ornus und rotundifolia), ausschwitzt. Er kommt ferner im Saft unserer Fruchtbäume, in eßbaren Schwämmen vor und zuweilen wird er bei der Gährung von Zucker (schleimige Gährung) gebildet. Er erscheint in kleinen, farblosen Krystallen und hat einen süßlichen Geschmack.

Quercit, $C_6 H_{12} O_5$, ist das süße Princip der Eicheln, von welchen es in farblosen Krystallen gewonnen werden kann.

Pinit, $C_6H_{12}O_5$, schwitzt aus den Wunden der Rinde der californischen und australischen Fichte (Pinus Lambertiana). Von dem Harze, das es gewöhnlich begleitet, getrennt, bildet es weiße krystallinische Massen von sehr süßem Geschmack.

Mycose, $C_{12}H_{22}O_{11}$, ist Zucker, den man im Mutterkorn des Roggen findet. Er kann in Krystallen erhalten werden und ist sehr süß.

Milchzucker (Lactose), $C_{42}H_{22}O_{11} + H_2O$, ist der süße Bestandtheil der thierischen Milch. Er wird im Großen in der Schweiz durch Abdampfen der Molken (Milch, von welcher Caseïn und Fett zum Käsemachen getrennt ist) für den Handel gewonnen. In reinem Zustande bildet er durchsichtige, farblose Krystalle, welche unter den Zähnen knirschen und nur schwach süß schmecken.

Abwechselnde Umwandlung der Glieder der Cellulosengruppe. Eine der merkwürdigsten Thatsachen in dem Verhalten dieser Gruppe von Körpern ist die Leichtigkeit, mit welcher ihre Glieder eins in das andere übergehen.

Einige dieser Umwandlungen haben wir schon erwähnt, doch wollen wir sie hier nochmals angemessen durchgehen.

a) Umwandlung in den Pflanzen. Die Einrichtung des vegetabilischen Organismus hat die Fähigkeit, die meisten, wenn nicht alle diese Körper in jeden andern umzuwandeln, und wir finden beinahe alle von ihnen in jedem Individuum der Pflanzen höherer Ordnung in einem oder dem andern Zustand ihres Wachsthums vor.

Bei der Keimung wird die Stärke, welche reichlich im Samen enthalten ist, in Dextrin und Glucose umgewandelt. Sie wird dadurch löslich und tritt in den Keim, um die junge Pflanze zu nähren. Hier wird sie wiederum als Cellulose, Stärke oder als ein anderer organischer Bestandtheil fest, indem sie in der That den Haupttheil des Materials für den Aufbau des Sämlings liefert.

In kalten Klimaten erscheint die Stärke, welche über Winter in den jungen Holztrieben aufgespeichert ist, im Frühjahr in vielen Bäumen, besonders im Ahorn, in Rohrzucker umgewandelt, der so reichlich im Saft gefunden wird, und

der zu den Knospen aufsteigt, die jungen Blätter nährt und so wiederum in Cellulose und Stärke umgebildet wird.

Die gesunde Zuckerrübe liefert einen Saft, der 10 bis 14 Procent Rohrzucker enthält und keine Stärke. Schacht hat beobachtet, daß in gewissen krankhaften Zuständen der Rübe der Zucker in derselben theilweise in Stärke umgewandelt wird, indem Körner dieser Substanz in der Rübe zum Vorschein kommen (Wilda's Centralblatt, 1863, II., S. 217). Die Analyse von Getreidekörnern offenbart zuweilen die Gegenwart von Dextrin, bei anderen von Zucker oder Gummi.

So fand Stapf im Maismehl kein Dextrin, aber beides Gummi und Zucker (Journ. für prakt. Chem., LXXVI, 92), während Fresenius in einer neuern Analyse (Vers.-Stat. I, S. 181) wohl Dextrin fand, aber weder Zucker noch Gummi.

Die von Stapf analysirte Maissorte enthielt 3,05 Procent Gummi und 3,71 Procent Zucker; die von Fresenius untersuchte enthielt 2,33 Procent Dextrin.

Traganthgummi ist, wie Mohl durch seine mikroskopischen Studien gezeigt hat, ein Umwandlungsproduct von Cellulose.

b) In dem Thiere erleiden die Substanzen, die wir beschrieben haben, ebenfalls Umwandlungen, wenn sie zur Nahrung benutzt wurden.

Cellulose, soweit sie überhaupt verändert wird, Stärke, Dextrin und wahrscheinlich die Gummiarten werden bei dem Verdauungsproceß in Traubenzucker umgewandelt.

c) Viele dieser Umwandlungen können, unabhängig von physiologischen Thätigkeiten, durch die Wirkung von Hitze, Säuren und Fermente, indem diese einzeln oder in Verbindung wirken, hervorgebracht werden.

Cellulose und Stärke werden durch Kochen mit ver-

dünnter Säure in Dextrin und schließlich in Traubenzucker umgewandelt.

Wenn Papier oder Baumwolle mit starker Salzsäure in Berührung gebracht wird, so werden sie allmälig in denselben Zucker umgewandelt. Behandelt man Cellulose und Stärke eine Zeit lang mit starker Salpetersäure, so entstehen Verbindungen, unter denen Dextrin ausgeschieden werden kann.

Nitrocellulose oder Schießbaumwolle liefert zuweilen bei ihrer freiwilligen Zersetzung Gummi (Hoffmann, Quart. Journ. Chem. Soc., p. 767).

Eine Art Gummi tritt auch in Lösungen von Rohrzucker und Rübensäften auf, wenn sie unter besonderen Verhältnissen gähren. Inulin und die Gummiarten liefern Levulose (Fruchtzucker), aber kein Dextrin, wenn sie mit schwachen Säuren gekocht werden.

d) Es muß bemerkt werden, daß, während physikalische und chemische Agentien diese Umwandlungen in einer Richtung bewerkstelligen, die Umwandlung in entgegengesetzter Richtung nur unter dem Einfluß eines Lebensprocesses möglich ist.

Im Laboratorium können wir nur eine höher organisirte oder complexere Verbindung in eine niedere oder einfachere zurückführen. In den Pflanzen selbst finden indessen alle diese Umwandlungen und noch viele andere mit der größten Leichtigkeit statt.

Die chemische Zusammensetzung der Cellulosengruppe oder Kohlenhydrate. Es ist eine merkwürdige Thatsache, daß alle die eben beschriebenen Substanzen in einer sehr nahen Verwandtschaft in ihren chemischen Zusammensetzungen zu einander stehen, während mehrere in dieser Hinsicht ganz gleich sind. In der folgenden Tafel ist ihre Zusammensetzung in Formeln ausgedrückt.

Chemische Formeln der Cellulosengruppe:

Cellulose, Stärke, Inulin, Dextrin, Bassorin, Pflanzenschleim, Metarabinsäure	$C_{12}H_{20}O_{10}$
Arabinsäure, Rohrzucker	$C_{12}H_{22}O_{11}$
Fruchtzucker, Traubenzucker	$C_{12}H_{24}O_{12}$

Man bemerkt, daß alle diese Körper 12 Atome Kohlenstoff enthalten, verbunden mit so viel Wasserstoff und Sauerstoff, um 10, 11 oder 12 Molecüle Wasser zu bilden. Wir können daher die Umwandlung eines in das andere uns in jedem Falle als eine Aenderung in der chemischen Zusammensetzung denken, die nur aus dem Verlust oder einer Aufnahme von wenigen Molecülen Wasser besteht.

Isomerismus. Körper, welche, wie Cellulose und Dextrin oder wie Levulose und Glucose, ganz gleich in ihrer Zusammensetzung sind und doch ganz verschiedene Eigenschaften und Art ihres Vorkommens zeigen, werden isomer genannt; sie sind Beispiele von Isomerismus. Dieses Wort ist aus dem Griechischen abgeleitet und bedeutet von gleichem Maß.

Wir müssen von isomeren Körpern, die aus denselben Bestandtheilen und in gleicher Menge zusammengesetzt sind, annehmen, daß die Atome sich in einem verschiedenen Zustande der Lagerung befinden. Der Maurer kann aus einer gegebenen Menge Ziegel und einer bestimmten Menge Mörtel eine einfache Mauer, Wasserleitung, Brücke oder Schloß bauen. Die Zusammensetzung dieser unähnlichen Bauten kann dieselbe sein, beides in der Art und Menge; aber die Bauten selbst unterscheiden sich gewaltig, aus dem Grunde, weil das Material verschieden angeordnet wurde.

In gleicher Weise können wir annehmen, daß Stärke in Dextrin umgewandelt wird durch einen Wechsel in der verschiedenen Lagerung

der Atome von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, aus welchen sie bestehen.

3) Pectinkörper (Pectosegruppe). Die Pectosegruppe umfaßt die Pectose, Pectin-, Pectosin-, Pectin- und Metapectinsäure. Diese Körper kommen in den fleischigen Früchten, einschließlich Kürbis, Kernobst, Beeren, den Wurzeln der Weißrüben, Zuckerrüben, Zwiebeln, Gelbrüben, Kohl und Sellerie vor oder werden daraus gewonnen. Sie sind ein wichtiger Bestandtheil der Nahrung der Menschen und Thiere.

Pectose ist der Name, den man einem Körper gegeben hat, dessen Existenz man in der Cellulose, in dem Fleisch von unreifem Obst und in den Wurzeln von Weißrüben, Gelbrüben und Zuckerrüben mehr angenommen als bewiesen hat. Seine Eigenschaften in reinem Zustande sind so gut wie unbekannt, weil wir bis jetzt kein Mittel besitzen, denselben ohne Aenderung ihrer Natur von der Cellulose zu trennen. Man glaubt, daß Pectose die Hauptmenge der Trockensubstanz der oben erwähnten Früchte und Wurzeln ausmacht, und man schließt aus seinen Umsetzungsproducten, die entweder natürlich gebildet wurden oder auf künstliche Weise erzeugt werden, daß sie ein besonderer Körper sei. In dem Folgenden nehmen wir mit Fremy (Ann. de Chem. et de Phys. XXIV, p. 6) an, daß Pectose existirt und die Quelle von Pectin ꝛc. ist.

Pectin wird aus der Pectose in ähnlicher Weise dargestellt, wie man Dextrin von Cellulose oder Stärke erhält, nämlich durch die Einwirkung von Wärme, Säuren oder Fermenten. Wenn man das Fleisch der Früchte oder Wurzeln, welches hauptsächlich aus Pectose besteht, der vereinigten Wirkung einer Säure und gelinder Wärme unterwirft, so wird die darin enthaltene Stärke langsam in Dextrin und Zucker übergeführt, während die feste Pectose in kurzer Zeit weich, in Wasser löslich wird und schließlich in Pectin umgewandelt wird. Es ist dieselbe Umänderung, welche bei dem Braten von

Aepfeln und Birnen und beim Kochen von Rüben in Wasser vor sich geht. Beim Reifen der Früchte findet dieselbe Umwandlung statt. Die feste Pectose erweicht unter dem Einfluß der Säuren, welche in allen Früchten vorkommen, allmälig und geht in Pectin über.

Experiment 33. Presse und, wenn trübe, filtrire durch ein Stück Musselin den Saft eines reifen Apfels, Birne oder Pfirsiche. Füge zu der klaren Flüssigkeit ihr gleiches Gewicht Alkohol. Pectin fällt dabei als eine faserige, gelatinöse Masse aus, welche im Trocknen stark zusammenschwindet und, wenn rein, eine weiße Substanz giebt, die sich leicht pulvert und schnell in kaltem Wasser löst.

Experiment 34. Verkleinere durch Reiben mehrere Turnips oder Zuckerrüben zu einem Brei. Binde den Brei in ein Stück Musselin und wasche durch Ausdrücken unter Wasser alle löslichen Körper aus, so lange, bis alles Wasser beinahe geschmacklos abrinnt. Bringe nun den gewaschenen Breirückstand in ein Glasgefäß mit so viel verdünnter Salzsäure (1 Theil käuflicher Salzsäure mit 15 Theilen Wasser), um die Masse zu sättigen und lasse 48 Stunden stehen. Preßt man hernach die saure Flüssigkeit ab, filtrirt und fügt Alkohol zu, so fällt Pectin aus.

Die starke wässerige Lösung von Pectin ist klebrig oder gummiartig, wie der Saft, der aus gebratenen Aepfeln oder Birnen schwitzt.

Pectinsäure. Durch Einwirkung eines Fermentes, welches sich in vielen Früchten befindet, unterstützt durch gelinde Wärme, wird Pectin zuerst in Pectosinsäure und dann in Pectinsäure umgewandelt. Die Körper bilden die wohlbekannten Gelées der Früchte. Beide sind unlöslich in kaltem Wasser und schwimmen darin als eine gelatinöse Masse herum. Pectosinsäure ist in heißem Wasser löslich, daher werden die meisten Fruchtgelées in kochendem Wasser flüssig, aber beim Abkühlen gelatiniren dieselben wieder. Pectinsäure ist selbst in kochendem Wasser unlöslich.

Sie wird auch noch gebildet, wenn der Brei der Früchte oder Wurzeln, die Pectose enthalten, der Einwirkung von Alkalien oder von Kupferoxydammoniak ausgesetzt wird. Das

letztere Mittel (ein Lösungsmittel für Cellulose) verwandelt Pectose unmittelbar in Pectinsäure, welche in eine unlösliche Verbindung mit Kupferoxyd tritt.

Metapectinsäure. Bei zu langem Kochen, bei verlängerter Berührung mit Säuren oder Alkalien und bei Fäulniß wird die Pectin- und Pectosinsäure, wie das Pectin selbst, noch weiter in eine andere Verbindung übergeführt, nämlich in Metapectinsäure, welche nach Fremy ein sehr löslicher Körper mit stark saurem Geschmack ist.

Es ist das letzte Umwandlungsproduct der Körper dieser Gruppe, mit dem wir bekannt sind. Sie kommt nach Fremy in Zuckerrübenmelasse und faulen Früchten vor.

Experiment 35. Dämpfe eine Handvoll gesunder Moosbeeren, bedeckt mit Wasser, gerade lange genug, um sie weich zu machen. Beobachte die schnelle Lösung der festen Pectose. Seihe durch Musselin. Der Saft enthält lösliches Pectin, welches durch eine kleine Menge Alkohol gefällt werden kann. Stelle den übrigen Saft, bis nahe zum Siedepunkt erwärmt, in ein Wasserbad. Nach einiger Zeit, welche verschieden, je nach der Beschaffenheit der Früchte, ist und durch Versuche ermitttelt werden muß, gesteht der Saft beim Erkalten zu einem Gelée, das sich beim Erwärmen auflöst und wieder beim Abkühlen gesteht (Fremy's Pectosinsäure). Bei weiterem Erhitzen bildet der Saft ein bleibendes Gelée, auch wenn heiß (Pectinsäure), und bei noch längerem Erhitzen löst sich das Gelée wieder, indem es sich in Fremy's Metapectinsäure verwandelt hat, welche durch Alkohol nicht gefällt wird.

Auch andere reife Früchte, wie Quitten, Stachelbeeren, Pfirsiche, Trauben, Aepfel 2c., können für dieses Experiment verwendet werden, aber in keinem Falle kann die Zeit, die erforderlich ist, diese Umwandlungen zu bewirken, sicher vorausgesagt werden, und der Schüler mag leicht in dem Versuch, ihnen zu folgen, irren.

Chemische Zusammensetzung der Pectosegruppe. Unsere Kenntniß in diesem Punkte ist sehr unvollständig. Da Pectose niemals rein zu erlangen war, ist sie nicht analysirt. Die anderen Körper dieser Gruppe sind untersucht worden, aber in Folge der Schwierigkeit, sie rein zu erhalten, sind die Resultate der verschiedenen Beobachter nicht übereinstimmend.

Die Formeln von Fremy sind wie folgt:

Pectose unbekannt.

Pectin $C_{32} H_{40} O_{28} + 4 H_2 O$

Pectosinsäure $C_{16}H_{20}O_{14} + 1\frac{1}{2}H_2O$

Pectinsäure $C_{16}H_{20}O_{14} + H_2O$

Metapectinsäure $C_8H_{10}O_7 + 2H_2O$.

Grouven (2. Salzmünder Bericht, S. 470) hat Pectin in großem Maßstabe von Zuckerrübenpreßlingen (die nach dem Auspressen des Saftes in Zuckerfabriken zurückbleiben) durch Digeriren mit kalter, verdünnter Säure, Niederschlagen und Waschen mit Alkohol dargestellt. So dargestellt hat es alle dem Pectin zugeschriebenen Eigenschaften. Seine Zusammensetzung in Procenten stimmt indessen nahezu mit der von Fremy der Pectinsäure zugeschriebenen überein und differirt etwas mit der für Pectin von diesem Chemiker angegebenen, wie man aus den hier gegebenen Zahlen sieht:

	Pectin $C_{32}H_{48}O_{32}$	Pectinsäure $C_{16}H_{22}O_{15}$	Grouven: Pectin
Kohlenstoff . .	40,67	42,29	42,95
Wasserstoff . .	5,08	4,84	5,44
Sauerstoff . .	54,25	52,87	51,61
	100,00	100,00	100,00

Aus den besten Analysen und aus der Analogie mit Cellulose ist es wahrscheinlich, daß Pectose dieselbe Zusammensetzung wie Pectin hat oder nur durch einige Molecüle Wasser davon unterschieden ist.

Wenn wir das Wasser, was in der Formel (s. oben) durch + von dem zurückbleibenden Symbol getrennt ist, abziehen, so sehen wir, daß die Verhältnisse zwischen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in allen diesen Körpern gleich sind, und mit der Formel $C_8H_{10}O_7$ übereinstimmen. Die nahe Gleichförmigkeit in der Zusammensetzung erleichtert uns das Verständniß für die Leichtigkeit, mit der die Umwandlung der Pectose in die anderen Glieder dieser Gruppe vor sich geht.

Beziehungen der Cellulose zu der Pectosegruppe. Man glaubte früher, daß die Pectinkörper durch längere

Einwirkung von Säuren in Zucker umsetzbar seien. Fremy hat gezeigt, daß dies nicht der Fall ist.

Sacc (Ann. Ch. et Phys. XV, 218) und Porter (Ann. Ch. et Pharm. LXXI, 115) haben einen Körper untersucht, der die Eigenschaften und nahezu die Zusammensetzung von Pectinsäure hat und welcher durch die Einwirkung von Salpetersäure auf Holz erzeugt wurde.

Divers (Journ. Chem. Soc. 1863, 91) hat eine Substanz unter den Producten der freiwilligen Zersetzung der Nitrocellulose (Schießbaumwolle) beobachtet, die wesentliche Kennzeichen der Pectinsänre hatte.

Es ist wahrscheinlich, wenn auch noch nicht sicher bewiesen, daß in lebenden Pflanzen Cellulose in Pectose und Pectin übergeht. Ohne Zweifel kann daher auch die umgekehrte Wandlung leicht stattfinden.

4) Die organischen Säuren. Die Pflanzensäuren sind sehr zahlreich. Einige von ihnen findet man in allen Classen der Pflanzen, und beinahe jede Familie des Pflanzenreichs enthält einige ihr eigenthümliche Säuren. Diejenigen, welche uns hier beschäftigen, sind gering an Zahl, und obwohl ohne Zweifel von größter Wichtigkeit im Haushalt der Pflanzen, sind sie von untergeordnetem Interesse in Bezug auf die Gegenstände dieses Werkes und werden nur kurz behandelt. Es sind die Oxalsäure, Weinsäure, Aepfelsäure und Citronensäure.

Sie kommen in den Pflanzen entweder in freiem Zustande oder als Salze an Kalk, Kali ꝛc. gebunden vor.

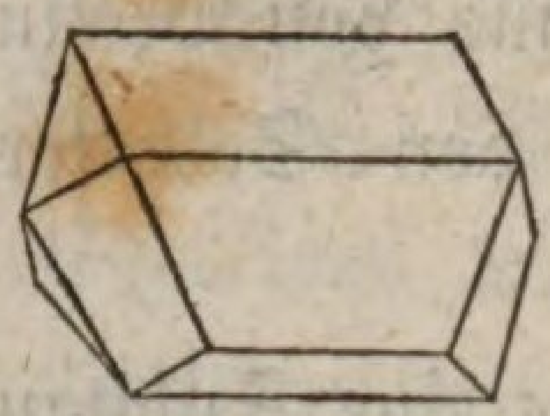
Man findet sie meistens in Früchten.

Oxalsäure, $C_2H_2O_4 2H_2O$, kommt in großer Menge im Sauerampfer vor; nach den besten Beobachtern findet sie sich in größerer oder geringerer Meuge fast in allen Pflanzen. Die reine Säure stellt sich in Form von farblosen, glänzenden, durchsichtigen Krystallen, schwefelsaurer Magnesia im Aussehen

nicht unähnlich, dar (Fig. 15), hat aber einen stark sauren Geschmack.

Oxalsäure bildet mit Kalk ein Salz (oxalsaurer Kalk), das in reinem Wasser unlöslich ist. Dessenungeachtet existirt es in den Zellen der Pflanzen aufgelöst, so lange dieselben im thätigen Wachsen sind (Schmidt, Ann. d. Chem. u. Pharm. LXI, S. 267). Gegen das Ende des Wachsthums häuft sie sich zuweilen in solcher Menge an, daß sie sich in mikroskopischen Krystallen ausscheidet. Man findet sie in großer Menge in den reifen Blättern und Wurzeln der Zuckerrübe, in den Wurzeln des Gartenrhabarbers und besonders in manchen Moosen.

Fig. 15.



Oxalsaures Kali ist im Wasser löslich und kommt in dem Saft des Sauerampfers und des Gartenrhabarbers vor. Es wurde früher zum Entfernen der Tintenflecken auf Zeugen und Leder unter dem Namen Sauerkleesalz gebraucht. Man wendet für diesen Zweck jetzt Oxalsäure an.

Oxalsaures Natron ist in Wasser löslich und wird in Pflanzen, die am Seeufer wachsen, gefunden. Oxalsaures Ammoniak wird als Reagens auf Kalk angewandt.

Experiment 36. Löse 5 Gramm Oxalsäure in 50 C. C. heißem Wasser und füge eine Lösung von Ammoniak oder festes kohlensaures Ammoniak zu, bis der Geruch des letzteren leicht vorwiegt, und lasse die Flüssigkeit sich langsam abkühlen. Lange, nadelförmige Krystalle eines Salzes von Oxalsäure und Ammoniak, das oxalsaure Ammoniak, scheidet sich beim Abkühlen aus; die Verbindung ist nicht sehr löslich in kaltem Wasser. Bewahre es zu künftigem Gebrauch auf.

Experiment 37. Füge zu irgend einer Lösung von Kalk, wie Kalkwasser (siehe Note S. 22) oder hartes Brunnenwasser wenige Tropfen der oxalsauren Ammoniaklösung. Oxalsaurer Kalk fällt augenblicklich als weißer pulveriger Niederschlag aus. Wegen seiner außerordentlichen Unlöslichkeit dient er, die Gegenwart der geringsten Mengen von Kalk anzuzeigen. Fügt man wenige Tropfen Salz- oder Salpetersäure zu dem oxalsauren Kalk, so verschwindet er, daher ist oxalsaures Ammoniak nur in Lösungen, die keine freien Mineralsäuren enthalten,

ein Reagens für Kalk. Essigsäure und Oxalsäure haben indessen nur ein schwaches Lösungsvermögen für oxalsauren Kalk.

Definition von Säuren, Basen und Salzen. Im gewöhnlichen Sinne ist jeder Körper, der einen sauren Geschmack hat, eine Säure. Es ist Thatsache, daß alle sauren Substanzen Säuren sind, aber nicht alle Säuren sind sauer, einige sind geschmacklos, einige bitter und einige süß. Ein besseres Merkmal einer Säure ist die Fähigkeit, mit Basen sich chemisch zu verbinden. Die stärksten Säuren, das heißt diejenigen Körper, deren saure Eigenschaften am stärksten entwickelt sind, wenn gelöst, so daß sie eine Wirkung auf die Geschmacksnerven ausüben können, sind sauer, so Schwefelsäure, Phosphorsäure und Salpetersäure ꝛc.

Basen sind der Gegensatz von Säuren.

Die stärksten Basen, wenn löslich, sind bitter und beißend von Geschmack und ätzen die Haut, z. B. Kali, Natron, Ammoniak, Kalk. Magnesia, Eisenoxyd und viele andere Metalloxyde sind unlösliche Basen und daher geschmacklos. Kali, Natron und Ammoniak nennt man Alkalien; Kalk, Magnesia alkalische Erden.

Salze sind Verbindungen von Säuren und Basen oder wenigstens das Resultat ihrer chemischen Verbindung.

So wurde in Experiment 20 das Salz, phosphorsaurer Kalk, durch das Zusammenbringen von Phosphorsäure und der Base Kalk erzeugt. In Experiment 37 wurde der oxalsaure Kalk in ähnlicher Weise dargestellt. Gemeines Salz, Kochsalz, in chemischer Sprache Chlornatrium, wird gebildet, wenn man Natron mit Salzsäure mischt, in diesem Falle wird auch gleichzeitig Wasser gebildet.

Erkennungsmittel für Säuren und Alkalien. Viele Pflanzenfarben werden durch lösliche Säuren oder Alkalien in solcher Weise verändert, daß sie zur Unterscheidung dieser beiden Classen von Körpern dienen können. Eine Cochenillelösung kann dazu verwendet werden. Sie hat eine rubinrothe Färbung in concentrirtem Zustande,

aber mit viel Wasser vermischt giebt sie eine orange oder rothgelbliche Farbe. Säuren greifen diese Farbe nicht an, während Alkalien ihr eine starke carminrothe oder violettrothe Farbe ertheilen, welche von Säuren wieder in orange verwandelt wird.

Experiment 38. Bereite eine Cochenilletinctur*) aus 3 Grm. gepulverter Cochenille, die man mit einer Mischung von 50 C. C. starkem Alkohol und 200 C. C. Wasser häufig schüttelt. Nach einem oder zwei Tagen gießt man die klare Flüssigkeit zum Gebrauche ab.

In ein Becherglas mit Wasser füge einige Tropfen starke Schwefelsäure, in ein anderes mit der gleichen Menge Wasser gieße ebenso viele Tropfen Ammoniak. Zu jedem der Gefäße füge 5 Tropfen Cochenilletinctur und beobachte die Färbung in beiden Fällen. Theile das verdünnte Ammoniak in zwei Theile und schütte in das eine verdünnte Säure, bis die carminrothe Farbe gerade in orange übergeht.

Sollte man unvorsichtiger Weise einen Ueberschuß von Säure genommen haben, so fügt man Ammonik zu, bis die Carminfarbe wieder erscheint, und zerstört sie wieder durch eine neue Portion Schwefelsäure, die man tropfenweise zufließen läßt. Die Säure und die Base neutralisiren sich gegenseitig und die Lösung enthält jetzt schwefelsaures Ammoniak, aber weder freie Säure noch Alkali. Man wird finden, daß die Orangecochenille sehr kleine Mengen Ammoniak anzeigt, während die Carmincochenille entsprechend kleine Mengen Säuren anzeigt. Lackmustinctur (aus der Apotheke zu erhalten) oder eine Tinctur von getrocknetem Rothkraut kann ebenfalls angewendet werden. Lackmustinctur wird durch lösliche Säuren roth, und blau durch lösliche Basen. Bei Rothkrauttinctur bringen die Säuren eine purpurrothe, die Basen eine grüne Farbe hervor. Bei der Bildung von Salzen neutralisiren sich die Säuren und Basen mehr oder weniger, und ihre Verbindungen haben einen schwach sauren oder schwach beißenden Geschmack und wirken weniger stark auf Pflanzenfarben als Säuren und Basen allein. Einige lösliche Salze haben gar keinen Geschmack und erinnern weder an die Säure noch an die Base und haben keinen Einfluß auf die Pflanzenfarben. Dies gilt für Kochsalz, Glaubersalz oder schwefelsaures Natron, und Salpeter, salpetersaures Kali ꝛc. Andere zeigen die Eigenschaften ihrer Base, wenngleich in geringerem Grade. Kohlensaures Ammoniak zum Beispiel hat viel von dem Geruch, Geschmack und der Wirkung auf Pflanzenfarben, die dem Ammoniak eigen sind, gemein.

*) Tincturen heißen in der Sprache der Apotheker alkoholische Lösungen. Zur Ermittelung von Alkalien bedient man sich in Deutschland der Curcumatinctur.

Kohlensaures Natron hat den Geschmack und andere Eigenschaften von Aetznatron, nur in viel milderer Form. Andererseits haben die schwefelsauren Salze von Thonerde, Eisen und Kupfer schwach saure Eigenschaften.

Gewisse Säuren bilden mit derselben Base einige unterschiedene Salze. So bilden Kohlensäure mit Natron kohlensaures Natron, Na_2OCO_2, oder doppelt kohlensaures Natron, $NaHOCO_2$. Das letztere ist viel weniger alkalisch, als das erstere, beide aber ändern die Cochenilletinctur in Carminroth.

Phosphorsäure bildet wiederum drei verschiedene Salze mit Natron oder Kalk, welche später an einer andern Stelle in Betracht gezogen werden.

Oxalsäure liefert ebenfalls verschiedene Salze, gerade wie die anderen organischen Säuren, die jetzt beschrieben werden sollen.

Aepfelsäure, $C_4H_6O_5$, ist das vorwaltende saure Princip der Aepfel, Johannisbeeren, Stachelbeeren, Pflaumen, Kirschen, Erdbeeren und der meisten der gewöhnlichen Früchte. Sie kommt in kleinen Mengen in einer Unzahl von Pflanzen vor.

Sie wird in Verbindung mit Kali reichlich im Gartenrhabarber gefunden. Das äpfelsaure Kali kann durch einfaches Eindampfen des Saftes der Blätter und Stengel dieser Pflanze in Krystallen erhalten werden.

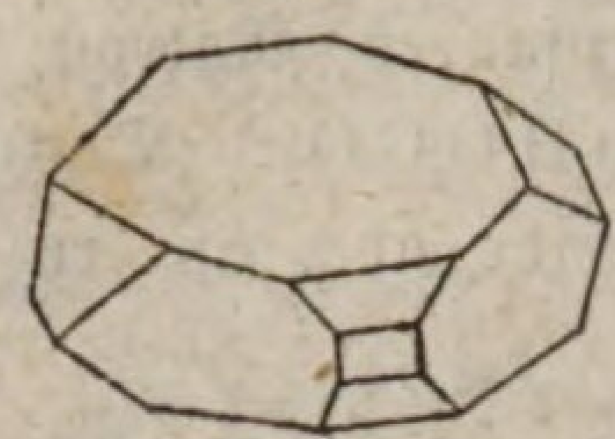
Als Kalksalz ist sie häufig in den beinahe reifen Beeren des Vogelbeerbaumes und in Berberitzenbeeren vorhanden. Aepfelsaurer Kalk kommt ferner in beträchtlicher Menge in den Blättern von Taback vor und wird häufig bei der Darstellung des Ahornzuckers gefunden, wo er sich als ein weißes oder graues sandiges Pulver während der Verdampfung des Saftes ausscheidet.

Reine Aepfelsäure sieht man nur in chemischen Laboratorien. Sie stellt weiße krystallinische Massen von stark saurem Geschmack dar. Sie ist sehr leicht löslich in Wasser.

Weinsäure, $C_4H_6O_6$, ist reichlich in den Trauben vorhanden, aus deren Saft sie bei der Gährung und Lagerung, in Verbindung mit Kali, als Weinstein ausgeschieden wird.

Dieser liefert bei der Reinigung den Weinsteinrahm (saures weinsaures Kali) des Handels. Weinsaures Kali oder Kalk findet sich in geringen Mengen in den Tamarinden, in den unreifen Vogelbeeren, in den Beeren von Sumach, in Gurken, in den Kartoffelbeeren, in Ananas und vielen andern Früchten. Die Säure selbst kann in großen glasigen Krystallen (siehe Fig. 16), welche von sehr saurem Geschmack sind, erhalten werden.

Fig. 16.



Citronensäure, $C_6 H_8 O_7$, kommt in freiem Zustande in den Citronen und in unreifen Tomatos vor. Sie begleitet die Aepfelsäure in den Johannisbeeren, Stachelbeeren, Kirschen, Erdbeeren und Himbeeren. Man findet sie verbunden mit Kalk in geringer Menge in den Tabacksblättern, in den Knollen der Topinambur, in den Zwiebeln, Zuckerrüben, in den Kaffeebohnen und in den Nadeln der Föhre.

In reinem Zustande bildet Citronensäure große durchsichtige, weiße Krystalle von sehr saurem Geschmack.

Beziehungen der vegetabilischen Säuren zu einander und zur Cellulosengruppe. Die vier eben genannten Säuren kommen in der Regel zusammen in unseren gewöhnlichen Früchten vor, und es scheint, daß einige von ihnen einer gegenseitigen Umwandlung in der lebenden Pflanze unterliegen.

Nach Liebig enthalten die unreifen Vogelbeeren viel Weinsäure, welche mit dem Reifen der Beeren in Aepfelsäure umgewandelt wird. Schmidt (Ann. d. Chem. u. Pharm. XI, S. 109) zeigte zuerst, daß Weinsäure künstlich in Aepfelsäure umgewandelt werden kann. Die chemische Veränderung besteht einzig in der Abscheidung von 1 Atom Sauerstoff.

$$\underset{\text{Weinsäure}}{C_4 H_6 O_6} - O = \underset{\text{Aepfelsäure}}{C_4 H_6 O_5}.$$

Wenn Citronen-, Aepfel- und Weinsäure mit Salpetersäure oder mit Aetzkali gekocht werden, so liefern sie alle Oxalsäure.

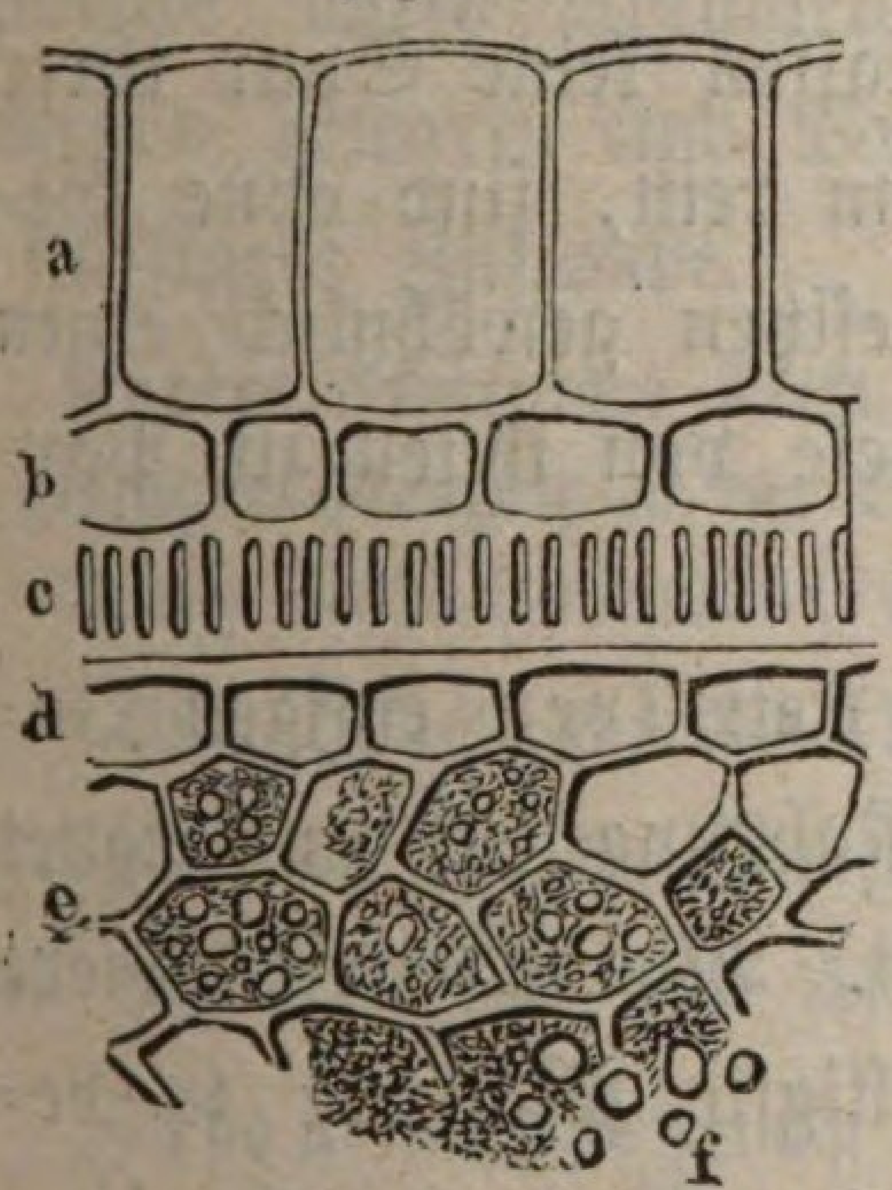
Cellulose, Stärke, Dextrin und Zucker und nach Einigen Pectinsäure liefern, mit Kali oder Salpetersäure erhitzt, ebenfalls Oxalsäure. Die Oxalsäure des Handels wird so aus Stärke und Sägespänen dargestellt.

Gummi (arabicum), Zucker, Stärke und nach Einigen Pectin liefern bei Einwirkung von Salpetersäure auch Weinsäure.

5) Fette und Oele (Wachs). Wir können diese wichtige Classe von Körpern hier nur in sehr allgemeiner Weise behandeln. In allen Pflanzen, ja beinahe in allen Theilen der Pflanzen finden wir Repräsentanten dieser Gruppe*); aber es sind vorzüglich nur gewisse Samen, wo sie in großer Menge vorkommen. So enthalten die Samen von Hanf, Lein, Raps, Baumwolle, Haselnuß, Walnuß, Buchecker, Lorbeer, Hickory, Mandel, Sonnenblume ꝛc. 10 bis 70 Procent Oel, welches man zum größten Theil durch Auspressen erhalten kann.

In einigen Pflanzen, wie beim Lorbeer und dem Talgbaum in Nicaragua, ist das Fett bei gewöhnlicher Temperatur fest und muß mit Hülfe von Wärme ausgezogen werden; während sonst in den meisten Fällen die fettige Materie flüssig ist. Die Getreidearten, und besonders Hafer und Mais, enthalten Fett in nachweisbarer Menge. Die Art des Vorkommens von Oel in Pflanzen ist in Fig. 17 anschaulich gemacht, welche einen sehr vergrößerten Querschnitt von Leinsamen darstellt. Das Oel kommt als äußerst kleine, durchsichtige Oelkügelchen in den Zellen *f* vor. Man kann aus diesen Samen das Oel vollständig durch Aether, Benzin und Schwefelkohlenstoff, welche mit Leichtigkeit alles Fett auflösen, ohne die anderen vegetabilischen Substanzen anzugreifen, ausziehen.

Fig. 17.



*) Kaum zwei von diesen Oelen oder Fetten oder Wachsarten sind in ihren Eigenschaften völlig gleich. Sie unterscheiden sich mehr oder weniger in Geschmack, Geruch und Consistenz sowohl als in ihren chemischen Eigenschaften.

Viele Pflanzen liefern geringe Mengen Wachs, welches entweder als glänzender Ueberzug die Blätter überzieht oder einen Flaum (Reif) auf den Früchten bildet. Die unteren Blätter der Haferpflanze enthalten zur Zeit der Blüthe im trockenen Zustande 10 Procent Fett oder Wachs.

Experiment 39. Fülle eine Hand voll feines und frisches Korn- oder Hafermehl, welches etwa eine Stunde bei 100° Cels. getrocknet war, in eine Flasche. Schütte zweimal sein Gewicht Aether hinzu, verkorke dicht und schüttle öfters, etwa eine halbe Stunde lang. Gieße die Flüssigkeit (wenn nöthig filtrire) in eine reine Porcellanschale ab und lasse den Aether verdunsten. Es bleibt ein gelbliches Oel zurück, welches bei gelindem Erwärmen den Aethergeruch verliert und ganz rein wird.

Die fetten Oele dürfen nicht mit den ätherischen oder flüchtigen Oelen verwechselt werden. Die ersteren verdunsten nicht, mit Ausnahme bei höherer Temperatur; wenn man sie auf Papier bringt, geben sie einen bleibenden „Fettfleck". Die letzteren verflüchtigen sich leicht und lassen keine Spur ihrer Gegenwart zurück. Die ersteren, wenn rein, sind ohne Geschmack und Geruch. Die letzteren besitzen gewöhnlich einen starken, besonderen Geruch, welcher viele von ihnen zu Parfümerieartikeln geeignet macht.

In dem thierischen Körper wird Fett (von einigen Insecten Wachs) gebildet oder aus der Nahrung sich angeeignet und in beträchtlichen Mengen angehäuft. Wie man die Thiere füttern soll, um die rascheste und billigste Mästung zu bewirken, ist eine der wichtigsten Fragen der Agriculturchemie.

Soviel indessen die verschiedenen Fette in ihren äußeren Merkmalen unterschieden sein können, so sind sie doch alle Mischungen aus wenigen elementaren Fetten. Die häufigsten und am gewöhnlichsten vorkommenden Fette, besonders diejenigen, welche Bestandtheile der Nahrung der Menschen und Hausthiere bilden, wie Talg, Olivenöl und Butter, bestehen wesentlich aus drei Bestandtheilen, welche wir kurz berühren wollen.

Die elementaren Fette sind Stearin, Palmitin und Oleïn*) und bestehen aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff. Das zuerst erwähnte Element ist stark vorwiegend.

Stearin wird durch die Formel $C_{57}H_{110}O_6$ dargestellt. Es ist der vorwiegendste Bestandtheil der gewöhnlichen Fette und kommt in größter Menge in den härteren Arten von Talg vor.

Experiment 40. Erwärme in einer wohlverkorkten Flasche Hammel- oder Ochsentalg mit einer zehnfachen Menge Aether, bis man eine klare Lösung erhalten. Beim langsamen Abkühlen krystallisirt Stearin in perlmutterglänzenden Schuppen oder Blättern aus.

Palmitin, $C_{51}H_{98}O_6$, erhält seinen Namen von dem Palmöl aus Afrika, in welchem es in reichlicher Menge vorkommt. Es bildet einen guten Theil der Butter und ist ein Hauptbestandtheil des Bienenwachses und Lorbeeröls.

Olein, $C_{57}H_{104}O_6$, ist der flüssige Bestandtheil der Fette und kommt am reichlichsten in den Oelen vor. Es wird aus Olivenöl durch Abkühlen unter den Gefrierpunkt erhalten; während Stearin und Palmitin fest werden, bleibt das Oleïn in flüssigem Zustande.

Andere elementare Fette, wie Butyrin, Laurin, Myristin, kommen in geringen Mengen in der Butter und verschiedenen Pflanzenarten vor. Leinöl enthält Linoleïn, Ricinusöl Ricinoleïn ꝛc.

Wir haben bereits die Formeln der hauptsächlichsten Fette gegeben, eine bessere Vorstellung ihrer Zusammensetzung erhält man jedoch durch eine Angabe in Procenten, wie folgt.

Zusammensetzung der elementaren Fette in Procenten:

	Stearin	Palmitin	Oleïn
Kohlenstoff . . .	77,6	75,9	77,4
Wasserstoff . . .	12,4	12,2	11,8
Sauerstoff . . .	10,0	11,9	10,8
	100,0	100,0	100,0

*) Margarin, das man früher für ein eignes Fett nahm, ist eine Mischung von Stearin und Palmitin.

Phosphorhaltige Oele. Das thierische Hirn und Rückenmark, das Gelbe der Eier enthalten eine beträchtliche Menge Fett, welches schon lange durch eine geringe Menge Phosphor charakterisirt war. Von Bibra fand die Menge Phosphor in diesem (unreinen) Fett zwischen 1,21 bis 2,53 schwanken. Knop (Vers.-Stat. I, S. 26) war der Erste, der ähnliche phosphorhaltige Fette in den Pflanzen nachwies. Aus den Zuckererbsen zog er 2,5 Procent eines dicken braunen Oeles aus, welches frei von Schwefel und Stickstoff war, aber 1,25 Procent Phosphor enthielt.

Die Zusammensetzung dieses Oeles war die folgende:

Kohlenstoff	66,85
Wasserstoff	9,52
Sauerstoff	22,38
Phosphor	1,25
	100,00

Töpler (Henneberg's Jahresbericht 1859 bis 1860, S. 164) untersuchte nachher die Oele einer großen Zahl Samen auf Phosphor mit den beigefügten Resultaten.

Ursprung des Fettes	Procente des Phosphors
Lupine	0,29
Erbsen	1,17
Pferdebohnen	0,72
Wicken	0,50
Winterlinsen	0,39
Roßkastanien	0,30
Cacaobohnen	kein
Hirse	„
Mohn	„
Walnüsse	Spuren
Oliven	kein
Weizen	0,25
Gerste	0,28

Ursprung des Fettes	Procente des Phosphors
Roggen	0,31
Hafer	0,44
Leinsamen	kein
Raps	"
Senf	"

Nach Hoppe-Seyler (Med.-Chem. Unters. I) ist das phosphorhaltige Princip des Oeles von Mais, des Hirns, der Nerven, des Eigelbs 2c. die zuerst von Liebreich im Jahre 1864 entdeckte Substanz in dem Gehirn, **Protagon** genannt. Es ist ein weißer, krystallisirter Körper, der die folgende Zusammensetzung hat.

Kohlenstoff	67,2
Wasserstoff	11,6
Stickstoff	2,7
Phosphor	1,5
Sauerstoff	17,0
	100,0

Seine Formel ist $C_{116} H_{241} N_4 P O_{22}$. Wenn man es zum Sieden erhitzt, wird es zersetzt und liefert unter anderen Producten Glycerin, Phosphorsäure und Stearinsäure (Annal. d. Chem. CXXXIV, S. 30).

Verseifung. Die Fette haben die besondere Eigenschaft, beim Erwärmen mit Kali oder Natronlaugen Seifen zu bilden. Sie werden durch diese Mittel zersetzt und verursachen die Bildung von fetten Säuren, welche mit den Alkalien verbunden bleiben, während Glycerin, eine Art flüssiger Zucker, austritt.

Experiment 41. Erhitze ein Stück Talg mit einer starken Lösung von Aetzkali, bis es vollständig verschwindet und eine in Wasser lösliche Seife sich gebildet hat. Zu der Hälfte der heißen Lösung füge Salzsäure im Ueberschuß. Es sammelt sich ein Oel an der Oberfläche der Flüssigkeit, welches beim Abkühlen zu einem festen Kuchen erstarrt.

Dies ist indessen nicht das ursprüngliche Fett. Es hat einen andern Schmelzpunkt und eine andere chemische Zusammensetzung. Es besteht aus einer oder mehreren fetten Säuren, den elementaren Fetten entsprechend, aus denen es hergestellt wurde.

Wenn Stearin durch die Wirkung des Kalis verseift wird, liefert es Stearinsäure, $C_{18} H_{36} O_2$; Palmitin liefert Palmitinsäure, $C_{16} H_{32} O_2$, und Oleïn giebt Oleïnsäure, $C_{18} H_{34} O_2$.

Die sogenannten Stearinkerzen sind eine Mischung von Stearin und Palmitinsäure. Das Glycerin, $C_3 H_8 O_3$, das gleichzeitig auftritt, bleibt in der Flüssigkeit gelöst.

Glycerin kommt nun, in beinahe reinem Zustande, als eine farblose, syrupartige Flüssigkeit von angenehm süßem Geschmack in den Handel.

Der chemische Vorgang bei der Verseifung besteht in der Umlagerung der Elemente von einem Molecül Fett und drei Molecülen Wasser in drei Molecüle Fettsäure und ein Molecül Glycerin.

Palmitin		Wasser		Palmitinsäure		Glycerin
$C_{51} H_{98} O_6$	+	$3(H_2 O)$	=	$3(C_{16} H_{32} O_2)$	+	$C_3 H_8 O_3$

Die Verseifung wird auch durch Einwirkung starker Säuren und durch Erhitzen mit Wasser bis zu einer Temperatur von nahe 204° Cels. allein bewirkt.

Gewöhnliche Seife ist nichts als eine Mischung von stearinsaurem, palmitinsaurem und ölsaurem Kali oder Natron mit oder ohne Glycerin. Die gewöhnliche Schmierseife besteht aus einer Verbindung der hier genannten Säuren mit Kali, Glycerin und Wasser. Die harte Seife ist gewöhnlich die entsprechende Natronverbindung, frei von Glycerin. Wenn weiche Kaliseife mit Kochsalz gekocht wird, entsteht durch Umsetzung der Salze harte Natronseife und Chlorkalium. Beim Abkühlen bildet die Natronseife über der Flüssigkeit einen harten Kuchen, und das Glycerin bleibt in der Flüssigkeit gelöst.

Beziehungen der Fette zu den Amiloïden. Das Oel oder Fett der Pflanzen ist in vielen Fällen ein Product der Umwandlung von Stärke oder anderen Gliedern der Cellulosegruppe, denn die öligen Samen enthalten im unreifen Zustande Stärke, welche beim Reifen verschwindet. Bei dem Zuckerrohr sagt man, daß die Menge des Wachses am größten ist, wenn der Zucker am geringsten, und umgekehrt. Bei der Keimung der Samen wird das Oel rückwärts in Stärke und Zucker ꝛc. verwandelt.

Die Bestimmung des Fettes (einschließlich Wachs) geschieht durch Erwärmen der trocknen, pulverisirten Substanz mit erneuten Mengen Aethers oder Schwefelkohlenstoffs, so lange das Lösungsmittel noch etwas auflöst. Nach dem Verdunsten der Lösung bleibt das Fett in beinahe reinem Zustande zurück und kann nach dem Trocknen gewogen werden.

Menge des Fettes in verschiedenen Pflanzen:

Wiesengras	0,8	Turnips	0,1
Klee, grün	0,7	Weizenkörner	1,6
Kohl	0,4	Haferkörner	1,6
Wiesenheu	2,5	Maiskörner	7,0
Kleeheu	3,0	Erbsen	3,0
Weizenstroh	1,5	Baumwollensamen	34,0
Haferstroh	2,0	Leinsamen	34,0
Weizenkleie	1,5	Raps	45,0
Kartoffel	0,3		

6) Die Eiweißsubstanzen oder Proteïnverbindungen. Diese Körper unterscheiden sich von der bisher beschriebenen Gruppe durch die Thatsache, daß sie außer Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff auch noch 15 bis 18 Procent Stickstoff enthalten nebst einer geringen Menge Schwefel und in einigen Fällen Phosphor.

In den Pflanzen kommen die Proteïnkörper in verschiedenen Modificationen vor, und obgleich man dieselben in geringer Meuge in allen Theilen der Pflanzen findet, indem sie überall zum Wachsthum nothwendig sind, so werden sie doch vorzugsweise in den Samen aufgehäuft und besonders in den Samen von Cerealien und Hülsenfrüchten.

Die Eiweißstoffe, Albuminate, wie wir sie bezeichnen, die in den Pflanzen vorkommen, sind in vielen Beziehungen so sehr den Eiweißstoffen, die einen großen Theil jedes thierischen Organismus ausmachen, ähnlich, daß wir sie vortheilhaft gleichzeitig betrachten können.

Wir können die meisten dieser Körper in drei Untergruppen beschreiben. Der Typus der ersten ist das Albumin oder das Eiweiß der Eier; der zweiten das Fibrin oder die thierische Muskelsubstanz; der dritten das Caseïn, der Käsestoff der Milch.

Gemeinschaftlicher Charakter. Die größere Zahl dieser Substanzen kommt in verschiedenen, zum wenigsten in zwei Modificationen vor, von welchen die eine löslich, die andere unlöslich in Wasser ist.

In lebenden oder unverwesten Thieren und Pflanzen finden wir die Albuminate in löslichem und thatsächlich im aufgelösten Zustande. Man kann sie in festem Zustande durch Verdampfen des Wassers, was natürlich mit ihnen verbunden ist, bei gelinder Wärme erhalten. Sie werden so meistens als durchsichtige, farblose oder gelbliche amorphe Massen gewonnen, die ohne Geschmack und Geruch sind und sich wieder in Wasser auflösen, nicht aber in Alkohol.

Neuerdings hat man sowohl in thierischen wie in vegetabilischen löslichen Albuminaten farblose oder rothe Krystalle (oder Krystalloïde) von oft beträchtlicher Größe beobachtet, die jedoch verbunden mit anderen Körpern in der Regel keine Trennung in reinem Zustande erlauben.

Die unlöslichen Albuminate, von denen einige in natürlichem Zustande sowohl in Pflanzen wie in Thieren vorkommen, sind, wenn möglichst gereinigt, weiße, flockige, klumpige oder faserige Körper, die vollständig geruch- und geschmacklos sind.

Ein weiteres Merkmal ist das Verhalten der Albuminate gegen Lösungsmittel; einige lösen sich in Alkohol, keine in Aether. Sie sind löslich in Kali und Natronlauge; Säuren fällen sie aus diesen Lösungen aus, starke Essigsäure löst sie, mit Ausnahme eines derselben. In sehr verdünnten Mineralsäuren (Schwefel- und Salzsäure) lösen sich einige, andere schwellen nur auf, gleich Gallerte.

Coagulation, Gerinnung. Ein bemerkenswerthes Kennzeichen der hier erwähnten Gruppe von Körpern ist ihre leichte Umwandlung aus dem löslichen in den unlöslichen Zustand. In einigen Fällen tritt diese Gerinnung freiwillig ein, in andern bei Erhöhung der Temperatur oder durch Einwirkung von Säuren, Metalloxyden oder verschiedenen Salzen.

Die Albuminate schmelzen der Hitze ausgesetzt und brennen mit rauchender Flamme und einem eigenthümlichen Geruch von verbranntem Haar oder Horn, während eine glänzende, schwer zu verbrennende Kohle zurückbleibt.

Erkennungsmittel für Albuminate. Der Chemiker benutzt das Verhalten der Albuminate gegen eine Anzahl Reagentien*) als Erkennungszeichen ihrer Gegenwart. Einige von diesen sind so fein und charakteristisch, daß sie die Unterscheidung dieser Classe von Körpern von allen anderen selbst bei mikroskopischen Beobachtungen zulassen.

1) Jod färbt sie intensiv gelb oder bronzefarben.

2) Starke warme Salzsäure färbt alle diese Körper blau oder violett oder, wenn in starkem Ueberschuß angewendet, löst sie dieselben zu einer Flüssigkeit von dieser Färbung auf.

3) In Berührung mit Salpetersäure nehmen sie eine tiefe, lebhafte gelbe Färbung an. Wolle und Seide, welche aus Körpern bestehen, die den Albuminaten in ihrer Zusammensetzung sehr nahe kommen, werden gewöhnlich vermittelst dieser Säure gelb gefärbt oder bedruckt.

4) Eine Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd mit überschüssiger Salpetersäure**) färbt sie mit einer tiefrothen Farbe.

Dieses Reagens erlaubt uns zum Beispiel noch Albumin zu entdecken, wenn es auch in 100,000 Theilen Wasser gelöst ist.

Albumin. Thierisches Albumin. Das Eiweiß der Hühnereier liefert beim Trocknen ungefähr 12 Procent Albumin in annehmbarem Zustand der Reinheit.

---

*) Reagentien sind Substanzen, die man gewöhnlich anwendet, um Körper zu erkennen, oder allgemein um chemische Veränderungen hervorzurufen. Alle chemischen Erscheinungen resultiren aus der wechselseitigen Thätigkeit von wenigstens zwei Elementen, welche so gegenseitig auf einander einwirken. Man nennt daher Substanzen, die chemische Veränderungen hervorrufen, Reagentien, und die Erscheinung oder das Resultat ihrer Einwirkung wird Reaction genannt.

**) Diese Lösung, als Millon's Reagens bekannt, wird durch Auflösen von Quecksilber in seinem eignen Gewicht Salpetersäure von 1,4 specif. Gewicht, wobei man gegen Ende des Processes erhitzt und schließlich zu der Flüssigkeit ihr zweifaches Volum Wasser zufügt, bereitet.

Das frische Eiweiß dient uns, die Eigenthümlichkeiten dieser Substanz darzulegen und um das Verhalten der Albuminate im Allgemeinen gegen die oben erwähnten Reagentien zu zeigen.

Experiment 42. Schlage das Eiweiß zu Schaum, um die feinen, durchsichtigen Membranen der Zellen zu zerstören, in welchen das Eiweiß eingeschlossen ist, rühre einen Theil in Wasser um; beobachte, daß es sich leicht in demselben auflöst.

Experiment 43. Erwärme einen Theil des unverdünnten Eiweißes in einer Probirröhre oder Tasse auf 74° Celsius; es wird undurchsichtig, weiß und fest (gerinnt) und wird in die unlösliche Modification übergeführt. Um Lösungen von Albumin je nach dem Verhältniß des Wassers, mit dem sie verdünnt sind, zum Gerinnen zu bringen, ist eine höhere Temperatur nothwendig.

Experiment 44. Füge zu einem Theil der Albuminlösung von Experiment 42 starken Alkohol; er bewirkt Gerinnen.

Experiment 45. Bringe in je vier Probirröhren ein wenig Albumin, löslich oder geronnen. Zu einem füge Jodlösung, zum zweiten starke Salzsäure, zum dritten Salpetersäure und zum letzten salpetersaures Quecksilberoxyd. Beobachte die charakteristischen Färbungen, die sofort oder nach einiger Zeit, wie oben bemerkt, erscheinen. In den drei letzten Fällen wird die Reaction durch gelindes Erwärmen beschleunigt.

Albumin kommt in löslicher Form im Blute vor und in allen Flüssigkeiten des gesunden Thieres, mit Ausnahme des Urins. In einigen Dingen sind seine Eigenschaften leicht verschieden von denen des Eieralbumins. Das Blutalbumin, welches man durch Erhitzen aus dem Blutserum (der klaren, gelben Flüssigkeit, die über dem Blutkuchen schwimmt) abscheiden kann, enthält etwas weniger Schwefel, als geronnenes Eieralbumin. In der Krystalllinse des Auges und in den Blutkügelchen ist das Albumin wieder etwas verschieden, und man hat es Globulin genannt.

Unter gewissen Bedingungen liefert das Blut der Thiere eine Substanz, die als Hämoglobin bekannt ist, welches, während es beinahe dieselbe Zusammensetzung und viele andere

Eigenschaften des Albumins besitzt, doch gewöhnlich eine viel größere Menge Wasser zur Lösung bedarf und bestimmte Krystalle von durchsichtiger rother Farbe bildet.

Vegetabilisches Albumin. In den Säften aller Pflanzen findet man geringe Mengen einer Substanz, welche beinahe in jeder Richtung mit dem thierischen Albumin übereinstimmt und daher Pflanzenalbumin genannt wird. Der klare Saft der Kartoffeln (welchen man sich verschafft, indem man Kartoffeln reibt, den Brei durch ein Tuch preßt und die Flüssigkeit an einem kühlen Orte stehen läßt, bis die Stärke sich abgesetzt) enthält Albumin in Lösung, was man durch Erwärmen bis nahe zum Siedepunkt zeigen kann, wo sich alsdann ein Gerinnsel abscheidet. Behandelt man dies nach dem Kochen nach einander mit Alkohol und Aether, um alles Fett und die Farbstoffe zu entfernen, so ist dasselbe kaum, weder in seinen chemischen Reactionen, noch in seiner Zusammensetzung von dem geronnenen Eieralbumin zu unterscheiden. Der Saft von wasserreichen Pflanzen, wie Kohl, liefert Albumin in größerer Menge, aber bei derselben Behandlung weniger rein.

Im Wasser, welches man einige Zeit mit Mehl von Weizen, Roggen, Hafer oder Gerste angerührt hat, findet man bei derselben Behandlung, daß es Albumin aus diesen Getreidearten ausgezogen hat.

Das aus irgend einer dieser Quellen so hergestellte Coagulum zeigt die charakteristischen Reactionen der Albuminate, wenn man es mit salpetersaurem Quecksilberoxyd, Salpeter oder Salzsäure in Berührung bringt.

Experiment 46. Bereite unreines Pflanzenalbumin aus Kartoffeln, Kohl oder Mehl, wie oben beschrieben, und mache die Reaction mit salpetersaurem Quecksilberoxyd.

Fibrin. Blutfibrin. Das Blut in dem Körper der höheren Thiere oder frischgelassenes Blut ist vollständig flüssig. Kurz nachdem es aus den Venen genommen, wird es theil-

weise fest, es gerinnt. Es trennt sich dabei in zwei Theile, eine klare, blaßgelbe Flüssigkeit, das Serum, und in den Blutkuchen. Wie bereits bemerkt, enthält das Serum Albumin. Der Blutkuchen besteht hauptsächlich aus Fibrin. Schlägt und wäscht man den Blutkuchen mit Wasser, so wird die färbende Materie des Blutkuchens entfernt und es bleibt eine weiße, faserige Masse zurück, welche eine Form der besprochenen Substanz ist. Blutfibrin ist nicht in löslichem Zustande, ausgenommen im frischen Blute, bekannt, von dem es nicht getrennt werden kann, indem es sehr bald freiwillig gerinnt.

Wie eben beschrieben dargestellt, hat Fibrin viele Eigenschaften mit Albumin gemein. In einer Lösung von Salpeter, besonders wenn etwas Kalilauge zugefügt wird, löst es sich in wenigen Tagen zu einer klaren Flüssigkeit, welche beim Erwärmen oder bei Zufügung eines Metallsalzes in gleicher Weise wie eine Albuminlösung gerinnt. In sehr verdünnter Salzsäure schwillt es auf, löst sich aber nicht.

Experiment 47. Beobachte die Trennung des Blutes im Blutkuchen und Serum, coagulire das Albumin des Serums durch Erhitzen und prüfe es mit warmer Salzsäure. Nimm den Blutkuchen in einem Stückchen Musselin heraus und presse und wasche ihn in Wasser, bis die färbende Materie aufhört auszufließen. Prüfe es durch Erwärmen mit Salpetersäure.

Fleischfibrin. Wenn man ein Stück mageres Rind- oder anderes Fleisch wiederholt in Wasser auspreßt und wäscht, so werden allmälig die färbenden Materien entfernt, und man erhält einen weißen Rückstand, der in seinem äußeren Aussehen dem Blutfibrin gleicht. Es ist thatsächlich die wirkliche Faser des thierischen Muskels, und daher sein Name. Es charakterisirt sich durch seine Löslichkeit in verdünnter Salzsäure (1 Theil Säure auf 1000 Theile Wasser); diese löst es zu einer klaren Flüssigkeit, aus welcher es wieder durch eine vorsichtige Zugabe eines Alkali oder einer Lösung von Kochsalz abgeschieden wird.

Pflanzenfibrin. Wenn man Weizenmehl mit wenig Wasser zu einem dicken Teig anmacht und diesen in einem Gefäß mit Wasser eine Zeit lang knetet und wäscht, so wird die Stärke und das Albumin größtentheils entfernt und es bleibt eine zähe, gelbe Masse zurück, welche den Namen Kleber führt. Wenn man Weizenkörner langsam kaut, so führt der Speichel die Stärke und die anderen Materien weg und der Kleber bleibt mit Kleie gemischt zurück (den Jungen auf dem Lande wohlbekannt als Weizengummi).

Experiment 48. Mache eine Hand voll frisches Weizenmehl mit wenig Wasser zu einem Teig an und knete es unter einem feinen Strahl Wasser, bis dieses klar abläuft. Erwärme einen Theil dieses Klebers mit Millon's Reagens.

Kleber ist eine Mischung verschiedener Albuminate und enthält nebenbei etwas Stärke und Fett. Pflanzenfibrin wird darin von Alkohol ausgezogen und scheidet sich beim Verdunsten des Alkohols wieder aus.

Die Albuminate des rohen Klebers (Gluten) lösen sich in sehr verdünnter Kalilauge (1 oder $1^1/_2$ Theile Kali mit 1000 Theilen Wasser) und die Flüssigkeit kann nach einigen Tagen ruhigen Stehens von der irgend zurückgebliebenen Stärke abgegossen werden. Fügt man einen geringen Ueberschuß Essigsäure zu, so werden die gereinigten Albuminate in festem Zustande abgeschieden. Bei successivem Ausziehen mit schwachem, starkem und mit absolutem Alkohol bleibt eine Art Caseïn (Glutencaseïn von Ritthausen) ungelöst zurück, welches vielleicht identisch ist mit dem Caseïn (Legumin) der Erbsen.

Verdampft man die alkoholische Lösung zur Hälfte, so scheidet sich beim Abkühlen eine braungelbe Masse ab. Wird diese mit absolutem Alkohol behandelt, so bleibt Pflanzenfibrin in beinahe reinem Zustande.

Pflanzenfibrin ist leicht löslich in heißem Alkohol, aber wenig in kaltem Alkohol. Es löst sich nicht im geringsten in Wasser.

Es hat eine faserige Structur, gleich Blutfibrin, bildet aber trocken eine zähe, hornähnliche Masse. Seine Zusammensetzung nähert sich dem Blutfibrin.

Caseïn. Thierisches Caseïn ist der eigenthümliche Bestandtheil des frischen Käses. Es kommt aufgelöst von 3 bis zu 6 Procent in frischer Milch vor; unähnlich dem Albumin, gerinnt es nicht durch Wärme, wird aber durch Säuren, Lab (die Membran des Kalbsmagens) und durch Erwärmen bis zur Kochhitze mit Kalk oder Magnesiasalzen coagulirt.

Experiment 49. Beobachte das Coaguliren des Caseïns beim Zufügen einiger Tropfen Schwefelsäure zu Milch. Prüfe den Quark mit salpetersaurem Quecksilberoxyd.

Experiment 50. Koche etwas Milch mit schwefelsaurer Magnesia (Bittersalz), bis sie gerinnt.

Wenn Casein von der Milch durch Lab getrennt wird, wie bei der Käsefabrikation, enthält es einen beträchtlichen Theil der Phosphate und der anderen Salze der Milch; diese Salze werden in dem durch Säuren gefällten Caseïn nicht gefunden, indem sie durch dieselben in Lösung erhalten werden.

Das Caseïn der Milch gerinnt, wenn es eine Zeit lang steht, von selbst. Caseïn wurde neuerdings in dem Gehirn der Thiere entdeckt (Hoppe-Seyler, Med.-Chem. Unters. II).

Pflanzencaseïn. Diese Substanz findet man in großer Menge (17 bis 19 Procent) in den Erbsen und Bohnen, und thatsächlich allgemein in den Samen der sogenannten Leguminosen. Es erinnert in allen Beziehungen sehr nahe an Milchcaseïn.

Experiment 51. Bereite aus zerstoßenen Erbsen, Hafer, Mandeln durch einige Stunden Ausziehen mit warmem Wasser eine Lösung von Pflanzencaseïn und lasse die Flüssigkeit sich klar absetzen. Coagulire das Caseïn durch Zufügen von Säuren zur Lösung. Es kann auch durch Lab oder ein Magnesia- oder Kalksalz in gleicher Weise wie Milchcaseïn coagulirt werden.

Die Chinesen bereiten einen Pflanzenkäse, indem sie Erbsen zu einem Brei kochen, die Flüssigkeit abseihen und Gyps zufügen, bis die Gerinnung eintritt; den so erhaltenen Quark behandeln sie in gleicher Weise, wie man bei Milchkäse verfährt.

fährt; sie salzen und pressen denselben und halten ihn so lange, bis der Geruch und Geschmack des Käses zum Vorschein kommt. Er wird unter dem Namen Tao-foo in den Straßen von Canton wohlfeil verkauft.

Pflanzencaseïn kommt in geringen Mengen im Hafer, der Kartoffel und vielen anderen Pflanzen vor, und man kann dasselbe zum Beispiel im Safte von Turnips nachweisen, wenn man demselben einige Tropfen Essigsäure zufügt, nachdem man ihn durch Kochen und Abfiltriren von Albumin befreit hat. Das Caseïn der Erbsen und Bohnen hat man mit dem Namen Legumin belegt, das des Hafers nennt man Avenin. Die Mandeln liefern ein Caseïn, welches man mit dem Ausdruck Emulsin bezeichnet. Wie bereits erwähnt, kommt Caseïn (Ritthausen's Glutencaseïn) im Weizenkleber und im Roggen vor. Jedes aus diesen Quellen erhaltene Casein hat einige besondere Eigenschaften. Die Ursachen dieser Verschiedenheiten sind noch nicht ermittelt, wahrscheinlich liegt der Grund in Unreinlichkeiten oder rührt von einer Beimischung anderer Albuminate her.

In dem rohen Weizenkleber kommen zwei andere Albuminate vor, nämlich:

Gliadin oder vegetabilischer Leim. Er ist leicht löslich in Wasser und Alkohol. Er erinnert stark an thierischen Leim.

Mucedin ist dem Gliadin ähnlich, aber weniger löslich in starkem Alkohol und unlöslich in Wasser. Wenn feucht, hat es eine weißgelbe Farbe mit Seidenglanz und schleimige Consistenz. Er kommt auch im Roggenkorn vor (Ritthausen, Journ. für prakt. Chem. XIIC, 141, und IC, 463).

Zusammensetzung der Albuminate. Es giebt verschiedene Ursachen, warum die genaue Zusammensetzung der eben beschriebenen Körper mit einiger Unsicherheit behaftet ist. Vor allen Dingen sind sie im natürlichen Zustande mit anderen Materien gemischt und verbunden, von denen sie völlig zu

trennen sehr schwer ist. Gelingt es wirklich, die fremden Substanzen zu entfernen, so muß dies in der Regel mit Hülfe von Säuren und Alkalien oder anderen starken Reagentien geschehen, welche leicht ihre eigenthümlichen Eigenschaften und Zusammensetzung ändern oder theilweise zerstören. Endlich können vielleicht unsere Methoden der Analysen, wenn wir die reinen Substanzen analysiren, nicht fein genug sein, um die Unterschiede mit ganzer Schärfe anzuzeigen.

Die Resultate der chemischen Untersuchungen zeigen, daß die Albuminate in ihrer Zusammensetzung nicht völlig gleich sind, wohl aber auch nur wenig von einander abweichen, wie man dies auf der Tafel unten siehet. Die Ableitung einer ganz richtigen atomistischen Formel aus diesen Analysen ist bei dem gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse vielleicht unmöglich.

In der Tafel sind die Analysen der beschriebenen Albuminate angegeben. Die mit Sternchen bezeichneten sind die neueren Resultate von Dr. **Ritthausen**; die anderen sind Durchschnittsberechnungen der besten Analysen (aus Gorup-Besanez, Org. Chem. S. 611).

Zusammensetzung der Albuminate.

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Schwefel
Thierisches Albumin . .	53,5	7,0	15,5	22,4	1,6
Vegetabilisches Albumin	53,4	7,1	15,6	23,0	0,9
Blutfibrin	52,6	7,0	17,4	21,8	1,2
Fleischfibrin	54,1	7,3	16,0	21,5	1,1
Weizenfibrin*, Kleber .	54,3	7,2	16,9	20,6	1,0
Thierisches Caseïn . . .	53,6	7,1	15,7	22,6	1,0
Vegetabilisches Caseïn .	50,5	6,8	18,0	24,2	0,5
Glutencaseïn* (Weizen)	51,0	6,7	16,1	25,4	0,8
Gliadin* (Weizen)	52,6	7,0	18,1	21,5	0,8
Mucedin* (Weizen)	54,1	6,9	16,6	21,5	0,9

Phosphor ist auf dieser Tafel aus dem Grunde nicht mit eingeschlossen, weil in allen Fällen die Mengen und in vielen Fällen selbst seine Gegenwart bis jetzt noch unsicher sind. **Völker** und **Norton** fanden in dem vegetabilischen Caseïn 1,4 bis 2,3 Procent Phosphor, von anderen älteren Analytikern sind geringere Quantitäten als im Albumin und Fibrin vorkommend erwähnt. Man glaubt, daß der Phosphor

dieser Albuminate und des thierischen Caseïn nicht zu den Albuminaten gehört, sondern von einer Beimischung von phosphorsaurem Kalk herrühre.

In seinen neuen Untersuchungen von Glutencaseïn fand Ritthausen Phosphorsäure, die theilweise unverbunden mit einer fixen Base auftrat und deshalb wohl von Phosphor in organischer Verbindung herrühren mußte. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß vegetabilisches Caseïn eine Beimischung von Protagon enthält oder die Producte seiner Zersetzung, von welchen es nicht leicht zu trennen ist.

Gegenseitige Verwandtschaft der Albuminate. Einige haben angenommen, daß diese Körper in ihrer Zusammensetzung identisch sind, daß die Verschiedenheiten in den analytischen Resultaten von fremden Substanzen herrührten, und daß dieselben nur in der Weise verschieden seien, wie Cellulose und Stärke, d. h. nur durch die verschiedene Lagerung ihrer Atome. Andere bekannten sich ehemals zur Ansicht Mulder's, daß die Albuminate Verbindungen in verschiedenen Verhältnissen, von hypothetischen Schwefel- und Phosphorverbindungen mit einem gemeinsamen Bestandtheil seien, welchen er Proteïn nannte (von dem griechischen Worte „den ersten Platz einnehmen“, wegen der großen physiologischen Wichtigkeit eines solchen Körpers), daher werden die Albuminate häufig Proteïnkörper genannt. Die Umwandlung, welche diese Substanzen zu erleiden fähig sind, zeigen hinreichend ihre nahe Verwandtschaft, ohne indessen die Art und Weise genügend anzuzeigen.

In dem thierischen Organismus werden die Albuminate, mit was immer für einem Namen, in den Verdauungssäften des Magens aufgelöst und gehen in das Blut über, wo sie Blutfibrin und Blutalbumin bilden. Da das Blut die Muskeln ernährt, so werden sie hier in Fleischfibrin umgewandelt; treten sie in das Milchdrüsensystem, so wandeln sie sich in Caseïn um, während sie in dem dazu dienlichen Theil der Circulation das Albumin des Eies oder des Embryos bilden.

In der lebenden Pflanze finden ähnliche Wechsel im Orte und in den Eigenschaften dieser Substanzen statt.

Schließlich hat man außerhalb des Organismus folgende Umänderungen beobachtet: Wird Fleischfibrin bei Sommertemperatur einige Tage feucht der Luft ausgesetzt, so löst es sich zu einer Flüssigkeit auf; erhitzt man diese Flüssigkeit nahe zum Siedepunkt, so tritt eine Gerinnung ein und die ausgeschiedene Substanz zeigt die Eigenschaften des Albumins. Entfernt man das Albumin und fügt zu der zurückbleibenden Flüssigkeit Essig, so bildet sich ein käsiges Coagulum, welches in seinen Eigenschaften mit Caseïn übereinstimmt (Bopp, Ann. d. Chem. u. Pharm. LX, S. 30; Gunning, Journ. für prakt. Chem. LXIX, S. 52).

Lehmann hat gezeigt, daß, wenn man Albumin in Kali auflöst und mit ein wenig Milchzucker und öligem Fette mischt, die Mischung mit Lab gerinnt, genau so, wie geronnene Milch (Gorup-Besanez, Phys. Chem., S. 139).

Sullivan beobachtete, daß das Casein der Milch, welche lange Zeit in luftdicht verschlossenen Gefäßen aufbewahrt war, zuerst coagulirte (gerann), aber sich nachher wieder in eine beinahe klare Flüssigkeit auflöste, von der man fand, daß sie kein Casein enthielt, dagegen beim Erhitzen coagulirte, woraus man sieht, daß das Caseïn sich in Albumin oder einen ähnlichen Körper umgewandelt hatte (Phil. Mag. 4, XVII, 203).

Einige halten Caseïn nicht für ein besonderes Albuminat, sondern für eine Verbindung von Albumin mit Kali, von dem es nach Lieberkühn 5,5 Procent enthält. Seine Eigenschaften sind theilweise durch die natürliche Vermengung mit phosphorsaurem Kali bedingt (Kühne, Phys. Chem. 1868, S. 565). Siehe übrigens Schwarzenbach, Ann. d. Ch. u. Pharm. CVII, S. 63.

Die Albuminate in der thierischen Ernährung. Wir weichen für einen Augenblick von unserm eigentlichen Plan ab, wenn wir die Aufmerksamkeit auf die wunderbare Anpassung

dieser Gruppe organischer Körper für die Ernährung der Thiere lenken.

Diese Körper, welche wir eben als die thierischen Albuminate erwähnt haben, in Verbindung mit anderen von ähnlicher Zusammensetzung, machen einen großen Theil des gesunden thierischen Organismus aus und charakterisiren insbesondere die wirklich arbeitenden Theile desselben, indem sie die wesentlichen Bestandtheile der Muskeln und Gewebe sowohl wie der Nerven und des Hirns sind. Ebenso kommen sie in großen Mengen in den ernährenden Flüssigkeiten der Thiere, im Blut und in der Milch vor. So viel wir wissen, hat der thierische Körper nicht die Fähigkeit, nur das kleinste Theilchen von Albumin, Fibrin oder Käse hervorzubringen; er kann nur diese ihm von äußeren Quellen dargebotenen Körper umformen. Sie sind daher unentbehrliche Bestandtheile der Nahrung und sind von Liebig passend als plastische Elemente der Ernährung bezeichnet worden. Es sind in allen Fällen die Pflanzen, welche ursprünglich diese Substanzen aufbauen und sie dem Thiere zum Gebrauche darbieten.

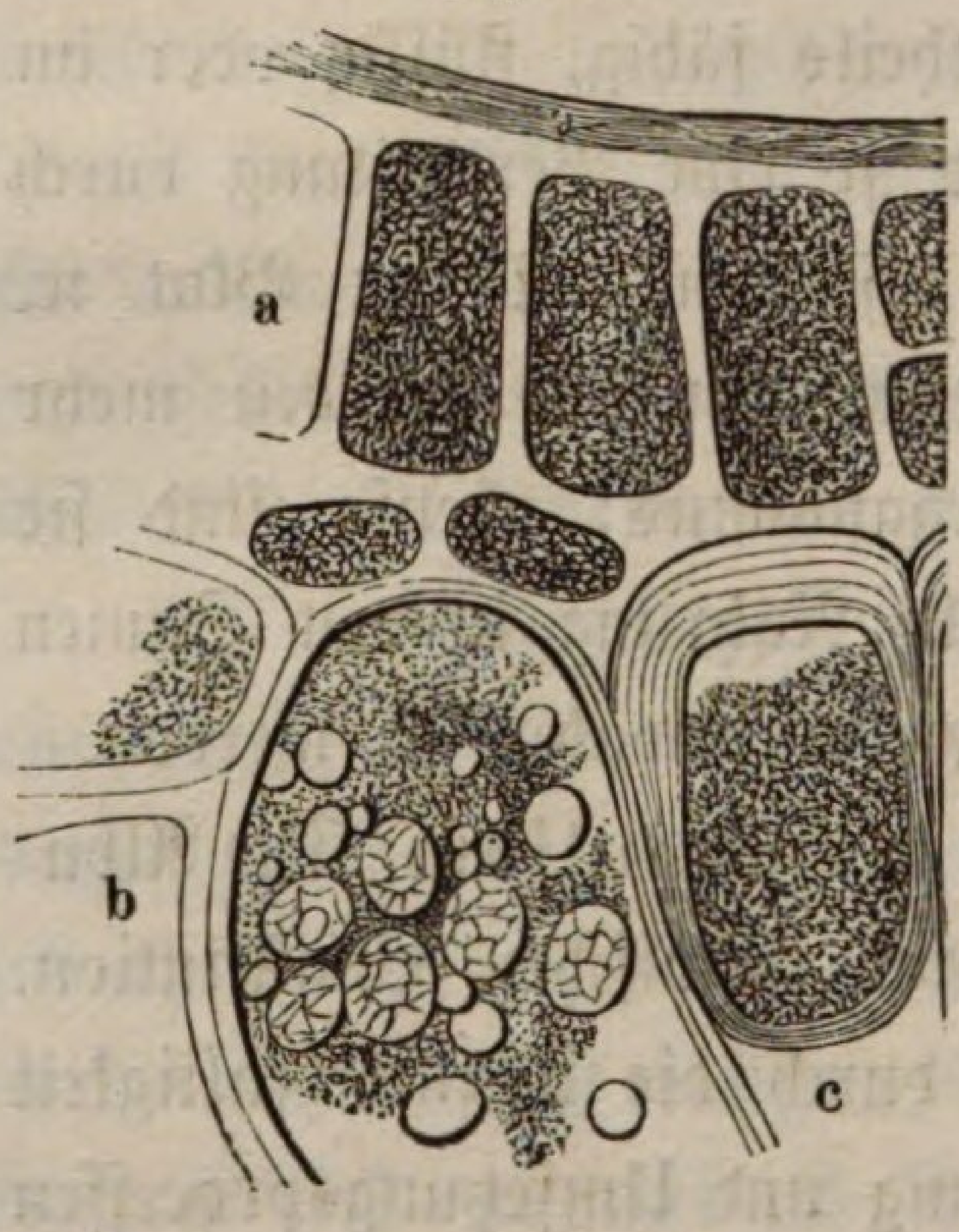
Die Albuminate sind größtentheils fähig, flüssig oder im löslichen Zustande zu existiren und so eine Vertheilung durch den ganzen thierischen Körper zu gestatten, wie im Blut ꝛc. Ebenso nehmen sie leicht feste Gestalt an und werden mehr dauernde Theile des lebenden Organismus; ebenso sind sie fähig, für eine unbegrenzte Zeit als Nahrung in den Samen und anderen eßbaren Pflanzentheilen aufbewahrt zu werden.

Zusammengesetztheit der Constitution. Die Albuminate sind sehr complicirt in ihrer chemischen Constitution. Diese Thatsache zeigt sich sowohl durch die Mannichfaltigkeit der Substanzen, welche bei Zersetzung und Umsetzungsprocessen gebildet werden, als auch durch die Leichtigkeit, mit der sie in andere und einfachere Verbindungen zerlegt werden können. Im feuchten Zustand der Luft ausgesetzt, faulen oder zersetzen

sie sich rasch, wobei sie eine Menge verschiedener Producte liefern. Erhitzt mit Säuren, Alkalien und Oxydationsmitteln, erzeugen sie dieselben oder analoge Producte, unter denen nicht weniger als zwanzig verschiedene Verbindungen unterschieden worden sind.

Vorkommen in Pflanzen. Aleurone. Es sind nur die alten und wirklich todten Theile der Pflanzen, denen jemals die Albuminate fehlen. In den jungen und wachsenden Organen sind sie reichlich vorhanden und kommen gelöst in dem Safte der Pflanzen vor. Sie sind besonders reichlich in den Samen (und hier sind sie in organisirter Form abgelagert), vorzugsweise in Körnern, ähnlich wie die der Stärke, und sind nahezu oder ganz unlöslich in Wasser. Diese albuminösen Körner sind, in vielen Fällen wenigstens, keine reinen Albuminate. Sie scheinen Pflanzenalbumin, Caseïn, Fibrin 2c. zusammen verbunden zu enthalten, wenn auch im Allgemeinen Caseïn und Fibrin sehr vorwiegen. Hartig, welcher sie zuerst eingehend beschrieben, hat sie mit dem Namen Aleurone bezeichnet, einem Ausdruck, den wir bequem anwenden können. Mit dem Namen Aleurone wird nicht einfach ein Albuminat oder eine Mischung von Albuminaten bezeichnet, sondern die organisirten Körner, die man in den Pflanzen findet und deren Hauptbestandtheile Albuminate sind.

Fig. 18.



In Fig. 18 ist ein vergrößerter Querschnitt durch die äußere Zellschicht (Schale) eines enthülsten Haferkornes dargestellt. Die Hohlräume dieser äußeren Zellschicht (*a*, *c*) sind vorzugsweise von sehr feinen Körnern von Aleuron (Caseïn) eingenommen. In einer Zelle *b* sieht

man die viel größeren Stärkekörner. Im Innern des Haferkornes und anderer Getreidekörner sind die Zellen größtentheils mit Stärkekörnern ausgefüllt, aber überall sind mehr oder weniger Körner von Aleuron dazwischengelagert.

Fig. 19.

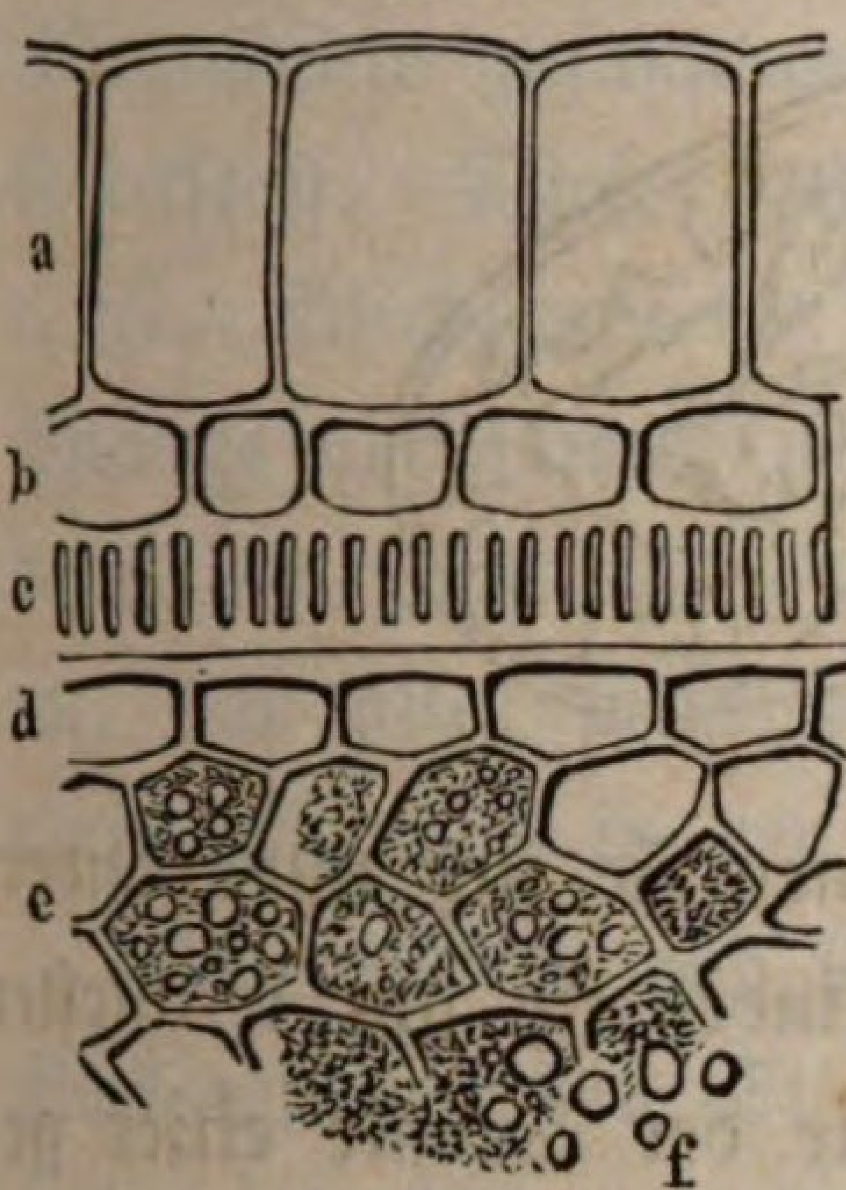


Fig. 19 stellt den Durchschnitt des äußern Theils des Leinsamens dar. Die äußeren Zellen *a* enthalten Pflanzenschleim, die inneren Zellen *e* sind meistens mit winzigen Aleuronkörnern gefüllt, zwischen denen Oeltropfen *f* vertheilt sind.

In Fig. 20 sieht man einige der individuellen Formen, welche Albuminkörner annehmen; *a* ist Aleuron von der Wicke, *b* von Ricinuskörnern, *c* von Leinsamen, *d* von der Frucht der Berberitze (Myrica cerifera) und *e* von Muskatblüthe (ein Zubehör zu der Muskatnuß oder Frucht der Myristica moschata).

Krystalloïde Aleurone. Es ist schon bemerkt worden, daß krystallisirte Albuminate aus dem Blute der Thiere erhalten werden können. Es ist ausgemacht, daß in den Pflanzen Körper mit ähnlichem Charakter vorkommen, was zuerst von Hartig (Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeimes, S. 104) beobachtet wurde. Zuweilen sehen sie Krystallen vollständig gleich, Fig. 21 *a* (a. f. S.), in anderen Fällen, *b*, sind es gerundete Massen, die einige krystallinische Flächen und Kanten haben. Sie sind weich, geben leicht dem Drucke nach und schwellen zu ihrem doppelten Umfang, wenn sie in schwachen Säuren oder Alkalien eingeweicht werden. Ihre Winkel haben nicht die Beständigkeit, welche den wirklichen Krystallen eigen sind;

Fig. 20.



daher ist die Bezeichnung krystalloïd, d. h. Krystallen ähnlich sehend, passender als krystallinisch.

Wie Kohn (Journ. für prakt. Chem., LXXX, S. 129) zuerst anführt, kann man in den äußeren Theilen der Kartoffeln

Fig. 21.



krystalloïde Aleurone beobachten, in denen sie sich unverändert in cubischer Form darstellen. Man findet sie am leichtesten beim Untersuchen der Zellenschichten, die der Schale einer gekochten Kartoffel anhängen. In Fig. 21 *a* ist die Zelle einer gekochten Kartoffel dargestellt, in deren Mittelpunkt man den Würfel des Aleuron bemerkt. Er ist von abgeblätterten Bruchstücken von Stärkekörnern umgeben.

In derselben Figur ist *b* der Inhalt der Zelle von dem Samen des Igelkopfes (Sparganium ramosum), einer an den Ufern von Teichen häufigen Pflanze. In der Mitte ist eine verhältnißmäßig große Menge Aleurone, welche krystalloïde Kanten haben. Nach Maschke (Journ. f. prakt. Chem. LXXIX, S. 148) ist das in der Brasilnuß häufig vorkommende krystalloïde Aleuron eine Verbindung von Caseïn mit einer Säure von unbekannter Zusammensetzung. Dieses Aleuron kann in Wasser aufgelöst und in seiner ursprünglichen Form durch Abdampfen wiedererhalten werden.

Kubel's Analyse von Aleuron, aus der Brasilnuß von Hartig dargestellt, giebt einen Stickstoffgehalt von 9,46 Procent. Von Aleuron aus der gelben Lupine erhielt er 9,26 Procent. Da reines Caseïn 16 bis 18 Procent Stickstoff enthält, so ist der Gehalt des Aleuron an Albuminaten etwa 52 bis 59 Procent.

Bestimmung der Albuminate. Die quantitative Trennung dieser Körper ist eine Sache von großer Schwierigkeit und Unsicherheit. Für die meisten Zwecke kann die Gesammtmenge in einer organischen Substanz mit hinreichender Genauigkeit aus ihrem Stickstoffgehalt berechnet werden. Alle Albuminate zusammen enthalten im Durchschnitt 16 Procent Stickstoff. Diese Zahl dividirt in 100 giebt den Quotient 6,25. Wird nun die Procentzahl des Stickstoffs, der in einer Pflanze vorkommt, mit 6,25 multiplicirt, so giebt das Product die Procente der Albuminate an. Man nimmt dabei an, daß aller Stickstoff in dieser Form in den Pflanzen sich vorfindet, was in den meisten Fällen auch wirklich zutrifft.

Frühling und Grouven haben neuerdings die Art des Vorkommens des Stickstoffs in verschiedenen Pflanzen untersucht und haben gefunden, daß Salpetersäure ($N_2 O_5$), von welcher lange bekannt ist, daß sie in der Form von Salpeter (salpetersaurem Kali) in den Pflanzen vorkommt, nur in verschwindend kleinen Mengen in den landwirthschaftlichen Pflanzen gegenwärtig ist.

In dem reifen Klee, Esparsette, Luzerne, Weizen, Roggen, Hafer, Gerste, Erbsen und den Linsen überstieg sie nicht 2 Theile von 10,000 der lufttrocknen Pflanze. In Mais fanden sie die doppelte Menge, allein von allen untersuchten Pflanzen war nur in dem Kraut der Zuckerrübe und der Kartoffeln die Salpetersäure bis zum Betrage des fünfzehnten Theiles eines Procentes vorhanden (Vers.-Stat. IX, 153). Auch Ammoniaksalze kommen in Pflanzen vor, aber in der Regel nur in ganz unbedeutenden Mengen.

Durchschnittliche Menge der Albuminate in verschiedenen Pflanzen:

	Procent
Futtermais, grün	1,2
Zuckerrübenblätter, grün	1,9
Gelberübenblätter, „	3,5
Wiesengras, „	3,1
Rother Klee, „	3,7
Weißer Klee, „	4,0
Turnips, frisch	1,0
Gelberüben, „	1,3
Kartoffeln, „	2,0
Stroh von Sommergetreide, lufttrocken	2,0
Stroh von Winterkorn „	3,0
Erbsenstroh, lufttrocken	7,3
Bohnenstroh, „	10,2
Wiesenheu, „	8,5
Kleeheu, roth, „	13,4
Kleeheu, weiß, „	14,9
Buchweizen, Körner, lufttrocken	7,8
Gerste, „ „	10,0
Mais, „ „	10,7
Roggen, „ „	11,0
Hafer, „ „	12,0
Weizen, „ „	13,2
Erbsen, „ „	22,4
Bohnen, „ „	24,1
Lupine, „ „	34,5

Der Stickstoffgehalt des Strohes ist in England höher, als in Deutschland, wahrscheinlich wegen der stärkeren Düngung und des feuchten Klimas und möglicher Weise wegen der häufigen Ernte vor der völligen Todreife.

(Anmerk. des Uebersetzers.)

Anhang zu § 4.

Chlorophyll, Tannin, Alkaloïde.

Bevor wir die Abhandlung der näheren Bestandtheile der Pflanzen verlassen, müssen wir einige andere Substanzen von untergeordnetem landwirthschaftlichen Interesse erwähnen. Zwei von diesen, wie Chlorophyll und Tannin, obgleich sie nicht in den Analysen der Pflanzen auftreten, sind dessen ungeachtet von beinahe allgemeinem Vorkommen in allen Formen der Vegetation, wenn auch gewöhnlich in verschwindend kleiner Menge.

Chlorophyll oder Blattgrün ist der Name, mit dem man die Substanz bezeichnet, welche die grüne Farbe der Pflanzen verursacht. Es wird überall an der Oberfläche der einjährigen Pflanzen und an den jährlich sich erneuernden Theilen der perennirenden Pflanzen gefunden. Man könnte leicht denken, daß es einen großen Theil der Blätter ausmache, dies ist aber thatsächlich nicht der Fall. Die grünen Theile der Pflanzen enthalten gewöhnlich das Chlorophyll nr an der Oberfläche und in nicht größeren Mengen, als gefärbte Zeuge Farbestoffe enthalten. Da Chlorophyll in Aether löslich ist, so begleitet es das Fett und Wachs, wenn letzteres durch dieses Lösungsmittel aus grünen vegetabilischen Stoffen ausgezogen worden. Es ist in Salzsäure und Schwefelsäure löslich und theilt diesen Flüssigkeiten seine intensiv grüne Farbe mit. Nach Pfaundler hat das (unreine?) Chlorophyll des Grases folgende procentische Zusammensetzung:

Kohlenstoff	60,85
Wasserstoff	6,39
Sauerstoff	32,78

Fremy hat gezeigt, daß man Chlorophyll leicht in zwei Farbstoffe zerlegen kann, einen gelben, Xantophyll, und einen

blauen, Cyanophyll. Dies geschieht, wenn man Chlorophyll mit einer Mischung von Salzsäure und Aether behandelt.

Das Cyanophyll löst sich in letzterem, und das Xantophyll wird von dem ersteren Lösungsmittel aufgenommen. Die gelbe Farbe der Herbstblätter mag vielleicht von Xantophyll herrühren.

Nach Sachs existirt in den Theilen der Pflanzen, welche, obgleich nicht grün, fähig sind, grün zu werden, eine farblose Substanz, Leukophyll, welche in Berührung mit Sauerstoff die grüne Farbe annimmt, indem es sich in Chlorophyll umwandelt.

Tannin (Gerbsäure) ist die allgemeine Bezeichnung des bitteren, zusammenziehenden Princips (das beim Gerben des Leders gebraucht wird) aus der Rinde und den Blätteru des Schierlings, der Eiche, des Sumachs, der Pflaume, der Birne und vieler anderer Bäume, des Thees, des Kaffees und der Galläpfel. Man findet es in geringer Menge in der jungen Bohnenpflanze und in vielen keimenden Samen.

Tannin ist, wie aus dem mikroskopischen Studium seines Auftretens in der Pflanze sowohl als aus der Kenntniß seiner chemischen Zusammensetzung hervorgeht, nahe mit den Kohlenhydraten verwandt. Die Gerbsäuren sind schwache Säuren und werden nach ihrem Ursprung unterschieden in Galläpfelgerbsäure (Tannin aus den Galläpfeln), Kaffeegerbsäure (vom Kaffee), Eichengerbsäure (von der Eichenrinde) ꝛc. Wie bereits angedeutet, sind die Gerbsäuren Glucoside oder Zuckerverbindungen gepaart mit einer andern Substanz. Im Tannin ist der Zucker Glucose, und die damit verbundene Substanz, oder vielmehr die durch Zersetzung erhaltene, Gallussäure.

Kocht man den Gerbstoff der Galläpfel mit verdünnter Säure oder unterwirft man die Lösung einer Gährung, so findet die Zersetzung in die zwei genannten Substanzen statt:

$$\underset{\text{Tannin}}{2(C_{27}H_{22}O_{17})} + \underset{\text{Wasser}}{8(H_2O)} = \underset{\text{Gallussäure}}{6(C_7H_6O_5)} + \underset{\text{Glucose}}{C_{12}H_{24}O_{12}}$$

Die Alkaloïde sind eine sehr zahlreiche Klasse von Körpern von giftigen und officinellen Pflanzen, in welchen sie gewöhnlich das wirksame Princip sind. Diejenigen, welche ein landwirthschaftliches Interesse haben, sind Nicotin, Caffeïn und Theobromin.

Nicotin, $C_{10}H_{14}N_2$, ist das narcotische und außerordentlich giftige Alkaloïd im Taback, wo es in Verbindung mit Aepfel- und Citronensäure vorkommt. In reinem Zustande ist es eine farblose, ölige Flüssigkeit, die in starkem Grade den Geruch des Tabacks hat. Es ist entzündbar und flüchtig und so tödlich, daß ein einziger Tropfen einen großen Hund tödtet. Französischer Taback enthält 7 bis 8 Procent, Virginischer 6 bis 7 Procent und Maryland- und Havannataback ungefähr 2 Procent Nicotin. Nicotin enthält 17,3 Procent Stickstoff, aber keinen Sauerstoff.

Caffeïn, $C_6H_{10}N_4O_2$, kommt im Kaffee und Thee mit Gerbsäure verbunden vor. In reinem Zustande bildet es weiße, seidenglänzende, nadelförmige Krystalle und hat einen bitteren Geschmack. Im Kaffee findet man es bis zu einem Gehalt von $1/2$ Procent; im Thee kommt es in viel größerer Quantität vor, bisweilen bis zur Höhe von 6 Procent.

Theobromin, $C_7H_8N_4O_2$, erinnert in seinen Eigenschaften an Caffeïn und ist ihm in seiner chemischen Zusammensetzung sehr ähnlich. Man findet es in den Cacaobohnen, aus welchen die Chocolade fabricirt wird.

Die Alkaloïde sind merkwürdig durch ihren Stickstoffgehalt und wegen ihres stark basischen Charakters. Sie haben ihren Namen Alkaloïde von ihrer Aehnlichkeit mit den Alkalien.

Zweites Kapitel.

Die Asche der Pflanzen.

§ 1.

Die Bestandtheile der Asche.

Wie wir dargethan haben, bestehen die flüchtigen und zerstörbaren Theile der Pflanzen, das ist der Theil, der unter den gewöhnlichen Bedingungen des Verbrennens in Gase und Dämpfe verwandelt wird, aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, einschließlich sehr geringer Mengen Schwefels und Phosphors. Diese Elemente und ihre Verbindungen, die allgemein in den landwirthschaftlichen Pflanzen vorkommen, sind als die näheren organischen Bestandtheile bereits ausführlich beschrieben worden.

Die nichtflüchtigen Theile der Pflanzenasche enthalten oder können auch Kohlenstoff, Sauerstoff, Schwefel und Phosphor enthalten. Sie ist indessen vorzugsweise aus acht anderen Elementen zusammengesetzt, deren Verbindungen bei gewöhnlicher Verbrennungshitze (fest) nicht flüchtig sind.

In der beigefügten Tafel sind die Namen der 12 Elemente der Pflanzenaschen angegeben; sie sind wegen der wichtigen Unterschiede in ihren chemischen Eigenschaften in zwei Gruppen, Nichtmetalle (Metalloïde) und Metalle, aufgeführt.

Elemente der Pflanzenasche.

Nichtmetalle	Metalle
Sauerstoff	Kalium
Kohlenstoff	Natrium
Schwefel	Calcium
Phosphor	Magnesium
Silicium	Eisen
Chlor	Mangan

Fügen wir zu diesen

Wasserstoff und Stickstoff,

so schließt die Liste alle elementaren Körper, die zu den landwirthschaftlichen Pflanzen gehören, ein.

Wasserstoff ist niemals ein Bestandtheil der vollkommen verbrannten, trockenen Pflanzenasche.

Stickstoff kann unter gewissen Umständen in der Asche in Form eines Cyanides (einer Verbindung von Kohlenstoff und Stickstoff), wie später auseinandergesetzt werden wird, zurückbleiben.

Neben den oben genannten werden zuweilen in gemeinen Pflanzen oder bei einer besondern Art des Wachsthums oder des Standortes noch andere Elemente gefunden, wie Jod, Brom, Fluor, Titan, Arsenik, Lithium, Rubidium, Barium, Aluminium, Zink, Kupfer.

Wir wollen nun das Studium der Zusammensetzung der Pflanzen vervollständigen, indem wir zur Beschreibung der Elemente, welche der Asche eigenthümlich sind, und der Verbindungen, die in derselben vorkommen können, übergehen.

Es wird ferner am Platze sein, in dieser Abtheilung einige Substanzen zu beschreiben, die, obgleich keine Bestandtheile der Asche, in der Pflanze vorkommen können oder sonst wichtig genug sind, betrachtet zu werden.

Die nichtmetallischen Elemente, die wir zuerst vornehmen, haben, obgleich sie mehr oder weniger weit von einander abweichen, doch einen Punkt, in dem sie übereinstimmen, nämlich, daß sie und ihre Verbindungen unter einander saure Eigenschaften haben, d. h. sie sind entweder im gewöhnlichen Sinn des Wortes Säuren und sauer im Geschmack, oder sie spielen die Rolle von Säuren, indem sie sich mit Metallen oder Metalloxyden zu Salzen verbinden. Wir wollen sie deshalb als saure Elemente bezeichnen. Es sind Sauerstoff, Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff, Silicium und Chlor. Weniger gemein sind Arsenik, Titan, Jod, Brom, Fluor.

Mit Ausnahme von Silicium (und Titan) und den dichteren Formen von Kohlenstoff sind diese an und für sich leicht flüchtig. Ihre Verbindungen mit einander, welche in den Pflanzen vorkommen können, sind gleichfalls flüchtig, mit zwei Ausnahmen, Kieselsäure und Phosphorsäure. Um der hohen Temperatur, bei welcher Aschen erzeugt werden, widerstehen zu können, müssen sie mit metallischen Elementen oder deren Oxyden als Salze verbunden sein.

Sauerstoff, (Oxygenium), Symbol O, Atomgewicht 16, ist ein Bestandtheil der Asche, indem er sich mit beinahe allen anderen Elementen der Pflanzen verbindet, entweder während des Lebens der Pflanzen, oder während des Actes der Verbrennung. Er verbindet sich mit Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor und Silicium, indem er saure Körper bildet, während er mit den Metallen Oxyde erzeugt, welche die Eigenschaften der Basen besitzen. Von den Elementen der Pflanzen verbindet sich allein Chlor nicht mit Sauerstoff, weder in der lebenden Pflanze, noch bei der Verbrennung.

Kohlenstoff und seine Verbindungen.

Kohlenstoff, (Carboneum), Symbol C, Atomgewicht 12, ist bereits S. 17 hinreichend beschrieben worden. Er ist oft als Kohle in den Aschen enthalten, indem er durch eine Decke von geschmolzenen Salzen eingeschlossen wird, welche ihn vor der Wirkung des Sauerstoffs schützt.

Kohlensäure, Symbol CO_2, Moleculargewicht 44, ist ein farbloses Gas, welches das Perlen und Aufschäumen des Bieres und Sodawassers und das Aufgehen des Teigs durch Hefe bewirkt.

Sie bildet sich bei der Oxydation von Kohlenstoff, wenn Pflanzenstoffe verbrannt werden (Experiment 6). Man findet sie daher mit den Basen vereinigt, die im lebenden Organismus in Verbindung mit organischen Säuren sich befanden

und welche bei der Verbrennung zerstört wurden. Sie kommt auch in Verbindung mit Kalk in den Geweben vieler Pflanzen vor. Ihre Verbindungen mit Basen heißen Carbonate, mit welchen wir uns sogleich beschäftigen werden. Wenn man ein Carbonat, wie Marmor oder Kalkstein, mit einer starken Säure, wie Essigsäure oder Salzsäure, tränkt, so wird Kohlensäure unter Aufbrausen frei gemacht.

Cyan, Symbol C N. Diese wichtige Verbindung von Kohlenstoff und Stickstoff ist ein Gas, welches den Geruch von Bittermandelwasser hat und welches angezündet mit einer schönen purpurrothen Flamme brennt.

Bei seiner Vereinigung mit Sauerstoff durch Verbrennung bildet es Kohlensäure und setzt Stickstoff in Freiheit.

$$CN + 2O = CO_2 + N.$$

Cyan kann durch Erhitzen einer innigen Mischung von zwei Gewichtstheilen Ferrocyankalium (gelbes Blutlaugensalz) und drei Gewichtstheilen Aetzsublimat dargestellt werden. Die Operation kann in einer Probirröhre oder einem kleinen Kolben, dessen Mündung mit einem gut schließenden, durchbohrten Korke, durch welchen eine enge Glasröhre geht, versehen ist, ausgeführt werden. Beim Erhitzen entweicht das Gas, welches man anzünden kann, um die schöne Flamme zu beobachten.

Mit Eisen in Verbindung bildet Cyan das Berlinerblau des Handels, und sein Name bedeutet Blauerzeuger, welchen man ihm wegen dieser Eigenschaft gegeben hat.

Cyan verbindet sich mit metallischen Elementen und bildet mit ihnen eine Reihe von Körpern, die man Cyanide nennt. Einige von diesen kommen öfters in geringen Mengen in den Pflanzenaschen vor, wo sie sich beim Verbrennungsact durch die Vereinigung von Stickstoff mit Kohlenstoff und einem Metall gebildet haben. Um dies zu erreichen, muß die Temperatur sehr hoch, der Kohlenstoff im Ueberschuß vorhanden sein, die Metalle sind gewöhnlich Kali oder Kalk, der Stickstoff kann entweder freier Stickstoff aus der Atmosphäre sein oder ursprünglich aus der organischen Materie stammen.

Mit Wasserstoff bildet das Cyan das tödliche Gift Cyanwasserstoff oder Blausäure, H Cy, welches sich aus Amygdalin, einem Bestandtheil der bitteren Mandeln, Pfirsich- und Kirschkernen, wenn diese zerstoßen und mit Wasser in Berührung gebracht werden, bildet.

Wenn ein Cyanid bei hoher Temperatur mit Wasserdampf in Berührung gebracht wird, so zersetzt es sich, indem aller Stickstoff in Ammoniak umgesetzt wird.

Cyan ist ein normaler Bestandtheil einer gemeinen Pflanze. Das Oel des Senfs ist Schwefelcyan-Allyl, $C_3 H_5 CNS$.

Schwefel und seine Verbindungen.

Schwefel (Sulphur), Symbol S, Atomgewicht 32. Die Eigenschaften dieses Elementes sind bereits S. 29 beschrieben. Einige seiner Verbindungen wurden kurz erwähnt, erfordern aber eine ausführlichere Beschreibung.

Schwefelwasserstoff, Symbol H_2S, Moleculargewicht 34, ist ein wohlbekannter Körper und kommt in Wasser gelöst in zahlreichen sogenannten Schwefelquellen, wie Aachen, Bormio 2c., vor, wo es als stinkendes Gas entweicht. Es wird nicht selten von Vulkanen und Fumarolen ausgehaucht. Es wird ferner bei der Fäulniß organischer Körper, die Schwefel enthalten, erzeugt, deren unerträglicher Geruch, wenn faul, besonders bei Eiern, größtentheils diesem Gase zuzuschreiben ist. Es wird von Düngerhaufen, von Salzmarschen und selbst aus feuchten Wiesen entwickelt.

Die Aschen von Pflanzen entwickeln manchmal mit Wasser befeuchtet dieses Gas. In solchen Fällen wurden geringe Mengen Schwefelkalium oder Schwefelcalcium während der Veraschung gebildet.

Schwefelwasserstoff wird in Gasform durch die Einwirkung von Säuren auf verschiedene Sulfide, wie Schwefeleisen (Experiment 17), Schwefelantimon 2c., sowohl als durch die

Einwirkung des Wassers auf Schwefelalkalimetalle oder der Schwefelerdalkalimetalle entwickelt. Er kann auch, wenn man Wasserstoff durch geschmolzenen Schwefel streichen läßt, erzeugt werden.

Der Schwefelwasserstoff ist von leicht saurem Geschmack; er ist sehr giftig und tödlich für Thiere und Pflanzen.

Schwefelige Säure, Symbol SO_2, Moleculargewicht 64. Wenn man Schwefel in der Luft oder in Sauerstoffgas verbrennt, so bildet er einen dichten, weißen, erstickenden Rauch, welcher aus einem Atom Schwefel verbunden mit zwei Atomen Sauerstoff besteht, SO_2 (Experiment 15).

Schwefelige Säure ist durch die Fähigkeit, entweder gänzlich oder wenigstens für einige Zeit die meisten rothen und blauen Pflanzenfarben zu bleichen, ausgezeichnet. Sie hat indessen keine Wirkung auf viele gelbe Farben. Stroh und Wolle werden durch sie in den Gewerben gebleicht.

Schwefelige Säure wird von Vulkanen und von Erdspalten in vulkanischen Gegenden ausgestoßen. Sie bildet sich, wenn Körper, die Schwefel enthalten, bei unvollkommenem Zutritt der Luft verbrannt werden. Sie wird in großen Mengen von Feuern, die mit Mineralkohlen gespeist werden, sowohl wie von den zahlreichen Röstһaufen gewisser Erze (Kiese), welche in den Bergwerksregionen verarbeitet werden, in die Luft geführt.

Schwefelige Säure verbindet sich mit Basen und liefert schwefeligsaure Salze; einige von ihnen, wie schwefeligsaurer Kalk und schwefeligsaures Natron, werden zum Aufhalten oder zur Verhütung der Gährung und Fäulniß angewendet, eine Wirkung, die auch durch die Säure allein erreicht werden kann.

Wasserfreie Schwefelsäure, Symbol SO_3, Moleculargewicht 80, ist den Chemikern als ein weißer, seidenartiger fester Körper, welcher mit großer Begierde Wasser

anzieht, bekannt. In Wasser geworfen, zischt sie gleich glühendem Eisen und bildet Schwefelsäurehydrat.

Schwefelsäurehydrat, Symbol H_2OSO_3 oder H_2SO_4, Moleculargewicht 98 — die Schwefelsäure des Handels —, ist eine Substanz von der allergrößten Wichtigkeit, ihre Fabrikation ist die Basis aller chemischen Industrien. In ihrer concentrirten Form ist sie als Vitriolöl bekannt und eine farblose, schwere Flüssigkeit von öliger Consistenz und von scharfem, saurem Geschmack.

Sie wird in großem Maßstabe dargestellt, indem man schwefeligsaures Gas mit Salpetersäuregas und Wasserdampf in großen Bleikammern, deren Boden mit Wasser bedeckt ist, mischt. Die schwefelige Säure nimmt Sauerstoff von der Salpetersäure auf und bildet Schwefelsäure, die sich in Wasser löst, und diese wird später in Glas- oder Platingefäßen zur nöthigen Stärke abgedampft. Die Hauptanwendung in der Landwirthschaft findet sie in der Darstellung des Superphosphates, welches in ungeheuren Mengen als Dünger verbraucht wird. Letzteres stellt man dar, indem man verdünnte Schwefelsäure mit Knochenmehl, Knochenkohle oder mineralischen Phosphaten mischt.

Schwefelsäure kommt im freien Zustande, wenngleich außerordentlich verdünnt, in gewissen natürlichen Wässern vor, wo sie aus der Oxydation von Schwefeleisen herrührt.

Schwefelsäure ist sehr ätzend und zerstört die meisten vegetabilischen und thierischen Materien.

Experiment 53. Rühre ein wenig Vitriolöl mit einem Schwefelhölzchen auf; das Holz wird augenblicklich braun oder geschwärzt und ein Theil desselben löst sich in der Säure und theilt ihr eine dunkle Farbe mit.

Die Schwefelsäure des Handels ist häufig von Berührung mit Stroh oder Holzschnitzel braun oder gelb gefärbt.

Starke Schwefelsäure erzeugt, wenn mit Wasser gemischt, wie zur Bereitung des Superphosphates zum Beispiel, eine starke Erhitzung.

Experiment 54. Schütte in ein dünnes Glasgefäß oder Becherglas 30 C. C. Wasser; in dieses gieße in einem feinen Strahl 120 Gramm Vitriolöl unter fortwährendem Umrühren der Flüssigkeit mit einer Proberöhre, in der etwa ein Theelöffel voll Wasser sich befindet. Wenn die Säure ihre volle Stärke hatte, so wird so viel Wärme erzeugt, daß das Wasser in der Proberöhre ins Kochen kommt.

Mischt man Vitriolöl mit Wasser, so muß die Säure immer langsam und unter Umrühren hineingeschüttet werden, wie schon oben gesagt. Wenn man Wasser zu der Säure gießt, so schwimmt es auf letzterer oder mischt sich nur oberflächlich, und die Folge davon kann bei der nachfolgenden Mischung eine plötzliche starke Dampfbildung sein, welche die Flüssigkeit herausschleudert.

Die Schwefelsäure bildet mit den Basen eine wichtige Classe von Salzen, die Sulphate — auf welche wir bald zurückkommen —, einige von ihnen kommen sowohl in der Asche, als auch im Saft der Pflanzen vor. Wenn schwefelhaltige organische Materien, wie Haare, Eiweiß ꝛc., bei vollem Luftzutritte verbrannt werden, so bleibt dieses Element als ein schwefelsaures Salz (Sulphat) in der Asche zurück, oder es kann auch theilweise als schwefelige Säure verflüchtigt werden.

Phosphor und seine Verbindungen.

Phosphorus, Symbol P, Atomgewicht 31, ist bereits Seite 32 hinreichend beschrieben.

Wasserfreie Phosphorsäure, Symbol P_2O_5, Moleculargewicht 142, existirt als solche nicht in der Natur. Wenn Phosphor in trockener Luft oder in Sauerstoff verbrannt wird, so bildet sich wasserfreie Phosphorsäure als eine schneegleiche Substanz (Experiment 18).

Man nimmt ihre sauren Eigenschaften erst wahr, wenn sie sich in Wasser, mit dem sie sich so energisch verbindet, daß ein zischendes Geräusch durch die entwickelte Hitze entsteht,

gelöst hat. Kocht man sie einige Zeit mit Wasser, so löst sie sich vollständig, und die Lösung enthält dann

Phosphorsäurehydrat, Symbol $P_2O_5\ 3H_2O = 196$ oder $H_3PO_4 = 98$. Das Hauptinteresse, welches der Landwirth für diese Verbindung hat, liegt in der Thatsache, daß die Verbindungen, welche sie mit verschiedenen Basen bildet (Phosphate), zu den wichtigsten Bestandtheilen der Pflanzen und ihrer Asche gehören.

Wenn Körper, die Phosphor in anderer Form als Phosphorsäure enthalten, wie Protagon (S. 93) und vielleicht einige Albuminate, durch Hitze oder Fäulniß desorganisirt werden, so erscheint der Phosphor in der Asche oder den Endproducten in der Form von Phosphorsäure oder Phosphaten.

Die Bildung verschiedener Phosphate ist in Experiment 20 gezeigt worden. Weitere Mittheilungen werden bei den Metallen gemacht.

Chlor und seine Verbindungen.

Chlor, Symbol Cl, Atomgewicht 35,5. Dieses Element ist im freien Zustande ein grün-gelbes, erstickendes Gas mit eigenthümlichem Geruch, welches die Eigenschaft hat, Pflanzenfarben zu zerstören und zu bleichen. Es ist mit einer außerordentlichen Verwandtschaft zu vielen anderen Elementen begabt und wird daher niemals im freien Zustande in der Natur angetroffen.

Sprengel behauptet, gefunden zu haben, daß Glaux maritima und Salicornia herbacea, Pflanzen, die in Salzmarschen wachsen, Chlor aushauchen. Er sagt, daß das so ausgehauchte Chlor sofort durch die in der Atmosphäre befindlichen Wasserdämpfe in Salzsäure verwandelt würde. Eine solche Aushauchung von Chlor ist aber offenbar unmöglich. Würde das Gas innerhalb der Pflanze frei, so würde es wieder umgewandelt sein, bevor es in die Luft entkommen könnte. Salzsäure wird von dem Schlamm der Salzmarschen ausgehaucht, wenn dieser, durch die Ebbe von Wasser befreit, der Sonnenhitze ausgesetzt ist. Dies

kommt von der gegenseitigen Zersetzung des Chlormagnesiums mit Wasser:

$$MgCl_2 + H_2O = MgO + 2HCl.$$

Experiment 55. Man kann Chlor durch Erwärmen einer Mischung von Salzsäure und Manganhyperoxyd (Braunstein) oder Bleihyperoxyd darstellen. Da das Gas beinahe noch einmal so schwer als gewöhnliche Luft ist, so kann es in einer Flasche gesammelt werden, wenn man das Gasleitungsrohr bis an den Boden der anzufüllenden Flasche führt. Man muß sich hüten, es einzuathmen, indem es stark das Innere der Luftröhre und der Lungen angreift und einen unangenehmen Schnupfen verursacht.

Chlor löst sich in Wasser und bildet eine grün-gelbe Lösung. Humboldt fand, daß sehr schwaches Chlorwasser das Keimen der Samen erleichterte.

In einer oder der andern Verbindung ist Chlor über die ganze Erde verbreitet und fehlt niemals in den Pflanzen.

Die Verbindungen des Chlors werden Chloride (Chlormetalle) genannt und können in den meisten Fällen durch einfaches Zusammenbringen ihrer Elemente bei gewöhnlicher oder schwach erhöhter Temperatur bewirkt werden.

Salzsäure oder Chlorwasserstoffsäure, Symbol HCl, Moleculargewicht 36,5. Wenn Chlor und Wasserstoffgas zusammen gemischt sind, verbinden sie sich, dem zerstreuten Lichte ausgesetzt, langsam; dem Sonnenlicht dagegen ausgesetzt, vereinigen sie sich plötzlich unter heftiger Explosion und bilden Chlorwasserstoffsäure.

Diese Verbindung ist ein Gas, welche sich mit großer Begierde in Wasser löst und eine Flüssigkeit von saurem Geschmack bildet, die alle Eigenschaften einer Säure besitzt.

Die Salzsäure der Apotheker ist eine Lösung in Wasser, das mehrere hundertmal sein Volum Salzsäuregas enthält, und wird aus Kochsalz dargestellt, wovon ihr alter Name Salzgeist oder jetzt Salzsäure herrührt.

Die Salzsäure ist die gewöhnliche Quelle für Chlorgas.

Das letztere wird aus einer Mischung von Manganhyperoxyd mit dieser Säure entwickelt.

Bei diesem Vorgang verbindet sich der Wasserstoff der Salzsäure mit dem Sauerstoff des Manganhyperoxyds und bildet Wasser, während Manganchlorid und freies Chlor sich abscheiden:

$$4HCl + MnO_2 = MnCl_2 + 2HO + 2Cl.$$

Wenn Chlor in Wasser gelöst der Sonne ausgesetzt wird, so geht, wie schon erwähnt, das Umgekehrte vor. Das Wasser wird zersetzt, der Sauerstoff wird frei und es bildet sich Salzsäure:

$$H_2O + 2Cl = 2HCl + O.$$

Diese Umsetzung findet wahrscheinlich statt, wo die Keimung der Samen durch Chlor beschleunigt wird. Der hier befreite Sauerstoff ist zweifellos die wirkliche Ursache, welche das Wachsthum des schlafenden Keimes erregt.

Diese zwei eben angeführten Umsetzungen sind lehrreiche Beispiele der verschiedenen Wirkungen der Verwandtschaft zwischen zwei Elementen unter ungleichen Umständen.

Da Salzsäure flüchtig ist, kommt sie nicht in der Asche vor, ebensowenig wie in den Pflanzen. Man findet das Gas bei vulkanischen Ausbrüchen und als Aushauchungen derselben.

Diese Säure ist ein Mittel, um verschiedene Metalle und Metalloxyde schnell in Chloride umzuwandeln, und seine Lösung in Wasser ist ein werthvolles Lösungsmittel und Reagens für viele Zwecke des Chemikers.

Jod, Symbol J, Atomgewicht 127. Dieser merkwürdige Körper erscheint in schwarzen, metallglänzenden Blättchen, ist bei gewöhnlicher Temperatur fest und hat einen chlorähnlichen Geruch. Bei geringer Erwärmung verwandelt es sich in einen violetten Dampf. Es kommt in Seegewächsen vor und wird aus deren Aschen gewonnen. Es giebt mit Stärke eine blaue Verbindung und wird deshalb als Nachweis für diese Substanz

angewendet (S. 57). In seinem chemischen Verhalten ist es dem Chlor analog. Es ist nicht bekannt, daß es in merkbaren Mengen in landwirthschaftlichen Pflanzen vorkommt, obgleich es möglicherweise in den Gräsern von Salzwiesen und in den Producten von Böden, die mit Seegewächsen gedüngt waren, sich findet.

Brom und Fluor können auch in sehr geringen Mengen in den Pflanzen vorkommen, aber diese Elemente erfordern in diesem Buche keine weitere Beschreibung.

Silicium und seine Verbindungen.

Silicium, Symbol Si, Atomgewicht 28. Dieses Element ist im freien Zustande nur dem Chemiker bekannt. Man kann es in drei Modificationen erhalten: als eine braune, pulverige Substanz, in einer andern, die Graphit gleicht (S. 17), und in einer dritten, die in Krystallen erscheint, welche die Form und beinahe die Härte des Diamantes hat.

Wasserfreie Kieselsäure, Symbol SiO_2, Moleculargewicht 60. Diese Verbindung, die als Kieselerde bekannt ist und von den Alten Silex genannt wurde, ist weit in der Natur verbreitet und in ungeheurer Ausdehnung in den Gesteinen und Böden enthalten, sowohl in freiem Zustande, wie in Verbindung mit anderen Körpern.

Freie Kieselsäure kommt beinahe in allen Bodenarten vor und in vielen Gesteinsarten, besonders im Sandstein und Granit, in der Form von Quarz, wie die Mineralogen sagen. Die glasigen, weißen oder durchsichtigen, oft gelben oder rothen Bruchstücke des gemeinen Sandes, welche hart genug sind Glas zu ritzen, sind beinahe ausnahmslos dieses Mineral. Im reinsten Zustande ist sie Bergkrystall. Jaspis, Feuerstein und Achat sind etwas weniger reine Kieselsäure.

Silicate. Wasserfreie Kieselsäure ist beinahe unlöslich in Wasser und in den meisten Säuren. Sie hat deshalb keine

der wahrnehmbaren Eigenschaften einer Säure, dessen ungeachtet ist sie fähig, sich mit Basen zu verbinden. Sie wird durch starke und besonders heiße Lösungen von Kali und Natron langsam gelöst, indem sie lösliche Silicate der Alkalien bildet.

Experiment 56. Bildung von kieselsaurem Kali. Erhitze ein Stück Quarz oder Feuerstein, so groß als eine Kastanie, im Feuer zum Glühen und lösche es plötzlich in kaltem Wasser ab. Reibe es in einem Porzellanmörser zu feinem Pulver und koche es in einer Porzellanschale etwa zwei Stunden mit seinem zweifachen Gewicht Aetzkali und acht- oder zehnmal soviel Wasser, wobei man Sorge trägt, das verdampfte Wasser zu ersetzen. Man schüttet das Ganze in eine lange Flasche und läßt es stehen, bis die ungelöste Kieselerde sich abgesetzt hat. Die klare Flüssigkeit ist ein basisches Kalisilicat, d. h. ein Silicat, welches mehrere Molecüle Base auf je ein Molecül Kieselsäure enthält. Sie hat den Geschmack und fühlt sich auch wie Kalilösung an.

Das sogenannte Wasserglas, das nun in den Gewerben angewendet wird, ist ein ähnliches Silicat von Kali oder Natron.

Wenn Kieselsäure mit Kali oder Natron, oder mit Kalk, Magnesia oder Eisenoxyd stark erhitzt wird, so schmilzt sie leicht zusammen und vereinigt sich mit diesen Körpern, wenngleich für sich unschmelzbar, und bildet Silicate. Die so gebildeten Silicate von Kali und Natron sind in Wasser löslich, gleich dem Product von Experiment 55, wenn das Alkali bis zu einem gewissen Verhältniß vorherrscht — wenn es stark basisch ist; wenn jedoch die Kieselsäure im Ueberschuß ist (saure Silicate), so lösen sie sich schwer. Ein aus Alkalien, Kalk und Thonerde oder Eisen mit einem starken Verhältniß von Kieselsäure gemischtes Silicat ist beinahe oder völlig nicht allein in Wasser, sondern auch in den meisten Säuren unlöslich und bildet thatsächlich das ordinäre Glas.

Eine Menge von Silicaten kommen in der Natur als Gesteine und Mineralien vor. Gewöhnlicher Thon, gemeiner Schiefer, Seifenstein, Glimmer, Marienglas, Feldspath, Hornblende, Granat und andere Verbindungen von häufigem und massenhaftem Vorkommen sind Silicate. Die natürlichen

Silicate bilden zwei Klassen: die sauren Silicate (die einen Ueberschuß von Kieselsäure enthalten) und die basischen Silicate (mit einem starken Verhältniß der Base). Die ersteren lösen und zersetzen sich nur langsam in Säuren, während die letzteren selbst von Kohlensäure leicht angegriffen werden.

Viele natürliche Silicate sind wasserfrei, andere wasserhaltig, d. h. sie enthalten Wasser als einen großen und wesentlichen Bestandtheil.

Kieselsäurehydrat. Dem Chemiker sind verschiedene Verbindungen der Kieselsäure mit Wasser bekannt. Von diesen brauchen hier nur drei erwähnt zu werden.

Lösliche Kieselsäure. Dieser Körper ist unzweifelhaft ein Hydrat und nur im Zustand der Lösung bekannt. Er bildet sich, wenn die Lösung eines Alkalisilicates vermittelst eines großen Ueberschusses von starker Säure, wie Salzsäure oder Schwefelsäure, zersetzt wird.

Experiment 57. Verdünne die Hälfte der Kalisilicatlösung, die man in Experiment 56 erhalten, mit 10 Theilen Wasser und füge nach und nach verdünnte Salzsäure hinzu, bis die Flüssigkeit sauer schmeckt. In diesem Versuche zersetzt und zerlegt die Salzsäure das Kalisilicat, indem sie sich mit der Base zu Chlorkalium verbindet, das sich in dem vorhandenen Wasser löst. Die so befreite Kieselsäure verbindet sich chemisch mit Wasser und bleibt ebenfalls in Lösung.

Durch entsprechende Methoden haben Doveri und Graham aus Lösungen, wie die in dem letzten Experiment erhaltenen, alles mit Ausnahme von Kieselsäure entfernt, und so Lösungen von reiner Kieselsäure in Wasser erhalten. Graham stellte eine Flüssigkeit dar, die, wenn abgedampft und erwärmt, 14 Procent wasserfreie Kieselsäure gab. Diese Lösung war klar, farblos und nicht zähe. Sie röthete Lackmus, wie eine Säure. Obgleich von nicht saurem Geschmack, erzeugte sie doch ein eigenthümliches Gefühl auf der Zunge. Bei niederer Temperatur zur Trockne abgedampft, blieb eine durchsichtige glasige Masse, welche die Zusammensetzung SiO_2, H_2O

hatte. Dieser trockene Rückstand war unlöslich in Wasser. Diese Lösungen von Kieselsäure in reinem Wasser sind unfähig, längere Zeit, ohne bemerkenswerthe Veränderungen zu erleiden, zu bestehen. Selbst, wenn vor äußeren Einwirkungen geschützt, verlieren sie früher oder später, in wenigen Tagen oder Wochen ihre Flüssigkeit und Durchsichtigkeit und coaguliren zu einer steifen Gallerte durch Abscheidung eines beinahe unlöslichen Kieselsäurehydrates, welches wir mit gelatinöser Kieselsäure bezeichnen.

Die Zufügung von $1/_{10,000}$ Theil eines kohlensauren Alkalis oder einer kohlensauren Erde oder weniger Blasen Kohlensäuregas zu der starken Lösung verursacht augenblickliches Gelatiniren. Eine verschwindend kleine Menge von Kali oder Natron, oder ein Ueberschuß von Salzsäure verhindert die Coagulation.

Gelatinöse Kieselsäure. Diese Substanz, welche von der Coagulation des eben beschriebenen löslichen Silicates herrührt, erscheint gewöhnlich auch, wenn man zu der concentrirten Lösung eines Silicates starke Salzsäure fügt oder wenn ein Silicat durch directe Behandlung mit concentrirter Säure zersetzt wird.

Sie ist eine weiße, opalisirende oder durchsichtige Gallerte, welche beim Trocknen an der Luft ein feines weißes Pulver wird oder durchsichtige Körner bildet. Dieses Pulver ist, bei gewöhnlicher Temperatur getrocknet, $3SiO_2, 2H_2O$. Bei 100° Cels. verliert es die Hälfte Wasser. Bei Rothglühhitze wird es wasserfrei.

Gelatinöse Kieselsäure ist deutlich, wenn auch sehr schwach, löslich in Wasser. Fuchs und Bresser haben durch Versuche gefunden, daß 100,000 Theile Wasser 13 bis 14 Theile der gelatinösen Kieselsäure auflösen.

Die Hydrate der Kieselsäure, welche 100 Grad oder mehr Wärme ausgesetzt waren, erscheinen vollständig unlöslich in Wasser.

Alle Kieselsäurehydrate sind leicht löslich in Lösungen von Aetzalkalien und kohlensauren Alkalien und vereinigen sich leicht mit feuchtem, frischgelöschtem Kalke, indem sie Silicate bilden.

Experiment 58. Gelatinöse Kieselsäure. Schütte eine geringe Menge der kieselsauren Kalilösung von Experiment 56 in starke Salzsäure. Gelatinöse Kieselsäure scheidet sich aus und fällt auf den Boden nieder, oder die ganze Flüssigkeit wird eine durchsichtige Gallerte.

Experiment 59. Verwandlung des löslichen in unlösliches Kieselsäurehydrat. Verdunste die Kieselsäurelösung von Experiment 56, welche freie Salzsäure enthält, in einer Porzellanschale. Wenn sie concentrirter wird, gelatinirt sie wahrscheinlich, wie dies in Experiment 57 geschah, in Folge der Entfernung des Lösungsmittels.

Verdampfe zuletzt im Wasserbade zur völligen Trockenheit. Füge Wasser zu dem Rückstand, welches das Chlorkalium auflöst und das unlösliche Kieselsäurehydrat, $3SO_2,H_2O$, als ein griesiges Pulver zurückläßt.

In der Asche der Pflanzen findet sich die Kieselsäure, in Folge der hohen Temperatur, welcher sie ausgesetzt war, gewöhnlich mit Alkalien oder Kalk verbunden.

In der Pflanze selbst ist sie indessen vorzugsweise, wenn nicht ganz, in freiem Zustande vorhanden.

Titan, ein Element, das viele Analogien mit Kieselsäure besitzt, obgleich selten in größeren Mengen vorkommend, ist doch häufig in Form von Titansäure, TiO_2, in Gesteins- und Bodenarten vorhanden und kann nach Salm-Horstmar in der Asche von Gerste und Hafer vorkommen.

Arsenik wurde in verschwindender Menge von Davy in Turnips, die mit Superphosphat gedüngt waren, bei dessen Darstellung arsenikhaltige Schwefelsäure verwendet worden war, gefunden.

Die metallischen Elemente, welche noch zu beschreiben bleiben: Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Eisen, Mangan (Lithium, Rubidium, Cäsium, Aluminium, Zink und Kupfer), sind nach ihrem Charakter Basen, d. h. sie vereinigen sich mit den oben beschriebenen sauren Körpern und bilden

Salze. Jedes von diesen ist in diesem Sinne die Base einer Reihe von salinischen Verbindungen.

Alkalimetalle. Die Elemente Kalium, Natrium (Lithium, Rubidium und Cäsium) werden Alkalimetalle genannt. Ihre Oxyde sind sehr löslich in Wasser und werden Alkalien genannt. Diese Metalle kommen für sich nicht in der Natur vor und können nur durch einen umständlichen chemischen Proceß gewonnen werden. Es sind silberweiße Körper und leichter als Wasser. Der Luft ausgesetzt, laufen sie rasch an durch die Absorption von Sauerstoff und werden sehr bald in die entsprechenden Alkalien umgewandelt. Auf Wasser geworfen, entzünden sie sich meistens und brennen mit großer Heftigkeit, indem sie das Wasser zersetzen (Experiment 11).

Von den Alkalien wird Kali ausnahmlos in allen Pflanzen gefunden. Natron ist besonders häufig in Meeres- und Strandpflanzen, man findet es gewöhnlich in den landwirthschaftlichen Pflanzen, gelegentlich aber fehlt es auch einmal.

Kalium und seine Verbindungen.

Kalium, Symbol K, Atomgewicht = 39. Wenn man Kalium in der Luft erhitzt, so brennt dieses Metall mit einem prachtvollen violetten Lichte und bildet Kali.

Kali, $K_2O = 94$, ist das Alkali und die Base der Kalisalze.

Kalihydrat, $K_2O,H_2O = 112$ oder $KHO = 56$, ist das Aetzkali, Kali causticum, der Apotheker und Chemiker. Man erhält es in weißen undurchsichtigen Massen oder Stäbchen, welche rasch Wasser und Kohlensäure aus der Luft anziehen, sie lösen sich leicht in Wasser und bilden Kalilauge. Es ätzt und zerstört viele vegetabilische und die meisten thierischen Substanzen, es löst die Fette, indem es Kaliseifen bildet. Es vereinigt sich mit Säuren, wie K_2O, wobei Wasser frei wird.

Natrium und seine Verbindungen.

Natrium, Na = 23. Brennt mit glänzender orangegelber Flamme.

Natron, $Na_2O = 62$. Dieses Alkali, die Base der Natronsalze, unterscheidet sich nur wenig in seinen sichtbaren Eigenschaften von dem Kali.

Natronhydrat oder **Aetznatron**, $Na_2O, H_2O = 80$ oder $NaHO = 40$. Dieser Körper ist in seinem Aussehen und allgemeinen Eigenschaften dem Aetzkali gleich. Es bildet mit den verschiedenen Fetten Seifen. Während die Kaliseifen in der Regel weich sind, sind die mit Natron hergestellten hart.

Lithium, Rubidium, Cäsium.

Lithium, Li = 7. Die Verbindungen dieses Metalles sind von viel seltnerem Vorkommen, als die von Kali und Natron. Das Element selbst ist das leichteste bekannte Metall, indem es nur wenig über halb so schwer als Wasser ist. Es brennt, an der Luft erhitzt, mit einem blendend weißen Lichte.

Lithiumoxyd, $Li_2O = 30$, und sein Hydrat gleichen den entsprechenden Verbindungen der zwei ebengenannten Elemente. Sie liefern in Verbindung mit Säuren die Lithiumsalze.

Rubidium, Rb = 85,5; **Cäsium**, Cs = 133. Neben Kalium, Natrium und Lithium giebt es zwei neuerdings entdeckte Metalle: Rubidium und Cäsium; diese Elemente sind vergleichsweise selten, obgleich sie in sehr kleinen Mengen weit in der Natur verbreitet scheinen.

Rubidium hat man in den Aschen von Taback und Zuckerrüben und in der Pottasche des Handels gefunden. Cäsium, das seltnere von den beiden Metallen, wurde bis jetzt nicht in Pflanzenaschen gefunden, wenn es auch wohl unzweifelhaft in denselben vorkommt. Diese Metalle und ihre Verbindungen haben im Allgemeinen die größte Aehnlichkeit mit den anderen Alkalimetallen.

Erdalkalimetalle. Die zunächst erwähnten Metalle Calcium und Magnesium bilden mit Sauerstoff die alkalischen Erden Kalk und Magnesia. Die Metalle können nur durch schwierige chemische Processe erhalten werden und sind von außerordentlicher Oxydirbarkeit und werden daher nicht in der Natur gefunden. Sie sind nur wenig schwerer als Wasser. Ihre Oxyde sind nur schwach löslich in Wasser.

Calcium und seine Verbindungen.

Calcium, $Ca = 40$, ist ein glänzendes, dehnbares Metall von hellgelber Farbe. In feuchter Luft läuft es rasch an und bekommt einen Ueberzug von Kalk.

Aetzkalk, $CaO = 56$. Ist das Oxydationsproduct des Calciums. Es wird zum gewerblichen Gebrauch dargestellt, indem man Kalkstein oder Austerschalen einer starken Hitze aussetzt. Gewöhnlich behält er die Form und Härte des Materials, aus dem er bereitet wurde.

Kalkhydrat, CaO, H_2O oder $CaH_2O_2 = 74$. Aetzkalk, der Luft ausgesetzt, zieht nach und nach Wasser an und zerfällt in ein feines Pulver. Er ist so von der Luft gelöschter Kalk. Schüttet man Wasser auf frisch gebrannten Kalk, so dringt es in die Poren des Kalkes und er zerfällt in kurzer Zeit und unter Entwicklung einer starken Hitze in Pulver, was die Bildung einer chemischen Verbindung des Wassers mit Kalk beweist. Daß es eine chemische Verbindung ist, zeigt sich weiter in der Vermehrung des Gewichts, 56 Pfund Aetzkalk werden 74 Pfund gelöschter Kalk. Erhitzt man gelöschten Kalk zur Rothglühhitze, so kann das Wasser wieder ausgetrieben werden.

Wenn man Kalk einige Zeit mit viel Wasser anrührt und die Mischung absetzen läßt, so enthält die klare Flüssigkeit eine geringe Menge Kalk in Lösung (1 Thl. Kalk auf 700 Thle. Wasser). Die Flüssigkeit nennt man Kalkwasser, und sie ist schon

als Reagens für Kohlensäure erwähnt worden. Kalkwasser hat einen stark ausgesprochenen alkalischen Geschmack.

Magnesium und seine Verbindungen.

Magnesium, Mg = 24. Metallisches Magnesium hat eine silberweiße Farbe. Erhitzt in der Luft brennt es mit außerordentlichem Glanze (Magnesiumlicht) und wird in Magnesia verwandelt.

Magnesia, MgO = 40, ist das Oxyd des Magnesiums. Man findet es bei den Materialisten in der Form eines voluminösen weißen Pulvers unter dem Namen gebrannter Magnesia. Man bereitet es, indem man entweder Magnesiahydrat, kohlensaure oder salpetersaure Magnesia einer starken Hitze aussetzt. Es kommt in den Pflanzenaschen vor.

Magnesiahydrat, $MgOH_2O$, wird langsam und ohne Wärme gebildet, wenn Magnesia mit Wasser versetzt wird. Es kommt als ein glasiges Mineral (Brucit) bei Texas, Penn., und einigen wenigen anderen Orten vor. Es absorbirt rasch Kohlensäure und geht in kohlensaure Magnesia über. Magnesiahydrat ist so schwer in Wasser löslich, daß es geschmacklos ist. Es erfordert 55,000 Theile Wasser zur Lösung (Fresenius).

Schwere Metalle. Die zwei weiteren Metalle, die wir zu beschreiben haben, sind Eisen und Mangan. Diese gleichen sich einander wiederum beträchtlich, doch unterscheiden sie sich außerordentlich von den Metallen der Alkalien und alkalischen Erden. Sie sind ungefähr achtmal schwerer als Wasser. Jedes dieser Metalle bildet zwei basische Oxyde, welche in reinem Wasser völlig unlöslich sind.

Eisen und seine Verbindungen.

Eisen, Ferrum, Fe = 56. Die Eigenschaften des metallischen Eisens sind so bekannt, daß wir keine Zeit verwenden wollen, um dieselben zu wiederholen.

Eisenoxydul, $FeO = 72$. Bringt man verdünnte Schwefelsäure mit metallischem Eisen in Berührung, so entweicht kurz darauf aus der Flüssigkeit Wasserstoff in Blasen, das Eisen löst sich auf und verbindet sich mit der Säure zu schwefelsaurem Eisenoxydul, gewöhnlich unter dem Namen grüner Vitriol oder Eisenvitriol bekannt:

$$H_2O, SO_3 + Fe = FeO, SO_3 + H_2.$$

Wenn man nun Kalkwasser oder Natronlauge zu der so erlangten Eisenlösung fügt, so scheidet sich ein weißer oder grünlichweißer Niederschlag, welches Eisenoxydulhydrat ist ($FeO, 2H_2O$), ab. Dieser Niederschlag absorbirt rasch Sauerstoff aus der Luft, wird schwarz und endlich braun. Das wasserfreie Eisenoxydul ist schwarz. Kohlensaures Eisenoxydul wird häufig natürlich als Spatheisenstein getroffen und kommt in vielen Mineralwässern, besonders in den sogenanten Eisenwässern, aufgelöst vor.

Eisenoxyd, $Fe_2O_3 = 160$. Wenn Eisenoxydul der Luft ausgesetzt ist, erhält es durch die Aufnahme von mehr Sauerstoff eine braune Farbe und wird Eisenoxydhydrat. Der gelbe oder braune Rost, der sich auf metallischem Eisen, wenn es feuchter Luft ausgesetzt ist, bildet, ist derselbe Körper.

Das Eisen findet man in Form von Eisenoxyd in den Aschen landwirthschaftlicher Pflanzen, indem die anderen Oxyde des Eisens, wenn sie bei hoher Temperatur der Luft ausgesetzt sind, in dasselbe übergehen. Es wird in ungeheuren Lagern in der Erde gefunden und ist ein wichtiges Erz (Rotheisenstein, Hämatit). Es löst sich in Säuren unb bildet Eisenoxydsalze, welche eine gelbe Farbe haben.

Magneteisenstein, Fe_3O_4 oder FeO, Fe_2O_3, ist eine Verbindung der beiden ebengenannten Oxyde. Er ist schwarz und wird stark durch den Magnet angezogen. Er bildet in der That den natürlichen Magnet oder Magneteisenstein und ist ein werthvolles Eisenerz.

Mangan und seine Verbindungen.

Mangan, $Mn = 55$. Metallisches Mangan ist im freien Zustande schwer herzustellen und gleicht sehr dem Eisen. Seine Oxyde, welche den Landwirth interessiren, sind den obenerwähnten des Eisens analog.

Manganoxydul, $MnO = 71$, hat eine olivengrüne Farbe. Es ist die Base aller gewöhnlich vorkommenden Mangansalze. Sein durch Umsetzung von schwefelsaurem Manganoxydul mit Kalkwasser dargestelltes Hydrat ist ein weißer Körper, welcher, der Luft ausgesetzt, durch Anziehung von Sauerstoff erst braun und dann schwarz wird. Die Manganoxydulsalze sind meist von blaß rosenrother Färbung.

Manganoxyd, Mn_2O_3, kommt in der Natur als Mineral, Braunit, vor, und mit Wasser verbunden als Manganit. Es ist eine Substanz von roth- oder dunkelbrauner Farbe. Es löst sich in kalten Säuren und bildet Salze von intensiv rother Farbe. Sie werden indessen leicht durch Wärme oder organische Körper in Sauerstoff und Oxydulsalze zerlegt.

Manganoxydoxydul, Mn_3O_4 oder MnO, Mn_2O_3. Dieses Oxyd bleibt, wenn man Mangan oder irgend eines seiner Oxyde bei Zutritt der Luft einer starken Hitze unterwirft, zurück. Das Metall und das Oxydul nehmen bei dieser Behandlung Sauerstoff auf, die höheren Oxyde verlieren so viel Sauerstoff, bis diese Verbindung sich gebildet hat, welche, wie ihre Formel zeigt, dem Magneteisen entspricht. Man findet es in den Aschen von Pflanzen.

Manganhyperoxyd, MnO_2. Dieser Körper wird sehr ausgedehnt in der Natur als Pyrolusit oder Braunstein gefunden. Man wendet ihn zur Darstellung von Sauerstoff und Chlorkalk an, und ist ein Handelsartikel.

Einige andere Metalle kommen als Oxyde oder Salze

in den Aschen vor, jedoch nicht in solchen Mengen oder solchen Pflanzen, die eine landwirthschaftliche Bedeutung haben.

Thonerde, das Oxyd des Aluminiummetalls, findet sich in beträchtlichen Mengen (20 bis 30 Procent?) in den Aschen von Lykopodium. Es ist in der Pflanze selbst mit einer organischen Säure (Weinsäure nach Berzelius, Aepfelsäure nach Ritthausen) verbunden. Man hat es häufig in geringen Mengen in den Aschen landwirthschaftlicher Pflanzen gefunden, aber ob als Bestandtheil der Pflanze oder in Folge von anhängenden Thontheilchen, ist nicht in allen Fällen festgestellt.

Zink hat man in einer gelben Varietät eines Veilchens, das auf den Zinkminen von Aachen wächst, gefunden.

Kupfer ist häufig in verschwindender Menge in den Aschen von Bäumen, besonders von solchen, die in der Nähe von Fabriken wachsen, wo verdünnte Lösungen, die Kupfer enthalten, weggeschüttet werden, gegenwärtig.

Die Salze oder Verbindungen von Metallen mit Nichtmetallen,

welche man in den Pflanzenaschen oder in der unverbrannten Pflanze findet, bleiben nun noch zu betrachten.

Von den Elementen, Säuren und Oxyden, die wir als Bestandtheile der Pflanzenaschen erwähnten, muß bemerkt werden, daß, mit Ausnahme von Kieselerde, Magnesia, Eisen- und Manganoxyd, alle in der Form von Salzen (Verbindungen von Säuren mit Basen) vorkommen.

In der lebenden landwirthschaftlichen Pflanze kommt wahrscheinlich nur Kieselsäure in unverbundenem Zustande vor oder wird in derselben aus ihren etwaigen Verbindungen ausgeschieden. Wir wollen vor der Hand die Salze, die in den Pflanzenaschen vorkommen, erwähnen und sie in folgender Ordnung beschreiben, nämlich: die Carbonate, Sulphate, Phos-

phate und Chloride. In Bezug auf die Silicate ist es überflüssig, mehr als wie schon erwähnt zu sagen.

Die Carbonate, welche in den Pflanzenaschen vorkommen, sind: kohlensaures Kali, Natron und Kalk. (Kohlensaures Rubidion, ähnlich dem kohlensauren Natron, und kohlensaures Lithion kann gegenwärtig sein, aber nur in Spuren.)

Die Carbonate von Magnesia, Eisen und Mangan werden durch die Hitze, bei der die Aschen bereitet werden, zerlegt.

Kohlensaures Kali, $K_2O, CO_2 = 114$. Die gereinigte Pottasche des Handels ist eine ziemlich reine Form dieses Salzes.

Wenn man Holz verbrennt, findet man das in der Asche enthaltene Kali vorzugsweise als kohlensaures Salz.

Wenn Holzasche wiederholt mit Wasser ausgelaugt wird, so werden alle löslichen Salze durch die Flüssigkeit ausgezogen; dampft man diese Lösung zur Trockne ab, was in großen eisernen Kesseln geschieht, so erhält man die rohe Pottasche als eine schwarze oder braune Masse. Wenn diese etwas gereinigt wird, erhält man die gereinigte Pottasche. Reines kohlensaures Kali ist weiß und hat einen bitteren, beißenden Geschmack, den sogenannten alkalischen Geschmack. Sie hat eine so starke Anziehung für Wasser, daß, wenn man sie der Luft aussetzt, sie Feuchtigkeit anzieht und flüssig wird.

Schüttet man Salzsäure auf kohlensaures Kali, so findet augenblicklich ein lebhaftes Aufbrausen statt, indem die Kohlensäure entweicht, und es bilden sich Chlorkalium und Wasser, welche zurückbleiben:

$$K_2O, CO_2 + 2HCl = 2KCl + H_2O + CO_2.$$

Doppeltkohlensaures Kali, KHO, CO_2. Leitet man in eine Lösung von kohlensaurem Kali Kohlensäure, so wird diese absorbirt und es bildet sich doppeltkohlensaures Kali, so genannt, weil es die doppelte Menge Kohlensäure enthält, wie

das einfache Carbonat. Es kommt wahrscheinlich in den Säften verschiedener Pflanzen vor.

Kohlensaures Natron, $Na_2O,CO_2 = 106$. Diese für die Gewerbe so wichtige Substanz wurde früher aus der Asche gewisser Meerespflanzen (Salsola und Salicornia) in ähnlicher Weise, wie in Waldgegenden Pottasche fabricirt wird, bereitet. Gegenwärtig wird es beinahe ausschließlich durch einen etwas verwickelten Proceß aus Kochsalz dargestellt. In unreinem Zustande kommt es unter dem Namen Sodaasche in den Handel, in beinahe reinem Zustande als Soda, welche gewöhnlich aus durchsichtigen Krystallen oder krystallisirten Massen besteht. Diese enthalten 63 Procent Wasser, welche, wenn das Salz der Luft ausgesetzt ist, langsam entweichen (sie verwittern) und wasserfreies kohlensaures Natron, ein weißes, undurchsichtiges Pulver, zurücklassen.

Kohlensaures Natron hat einen ekelhaften, alkalischen Geschmack, jedoch nicht so ausgesprochen, wie der von kohlensaurem Kali. Es findet sich häufig in Pflanzenaschen.

Doppeltkohlensaures Natron, $NaHO,CO_2$. Das doppeltkohlensaure Natron aus den Apotheken ist ein beinahe reines Salz. Es wird in derselben Weise wie doppeltkohlensaures Kali gewonnen. Die doppeltkohlensauren Salze von Kali und Natron geben bei mäßiger Hitze die Hälfte ihrer Kohlensäure ab und verlieren, in Berührung mit einem Ueberschuß von irgend einer andern Säure, alle Kohlensäure. Ihr Gebrauch beim Backen beruht auf dieser Thatsache. Sie neutralisiren jede Säure (Milch- oder Essigsäure), die sich während des Gehens des Teiges bildet, und tragen dazu bei, das Brod „leicht" zu machen, indem sie es mit Kohlensäure aufblähen.

Kohlensaurer Kalk, $CaO,CO_2 = 112$. Diese Verbindung ist ein weißes Pulver und bildet sich bei Berührung von Kalkwasser mit Kohlensäure. Wird Kalkhydrat der Luft

ausgesetzt, so tritt an die Stelle des Wassers, welches es enthält, allmälig Kohlensäure, und es bildet sich kohlensaurer Kalk. An der Luft verwitterter gebrannter Kalk enthält immer viel kohlensauren Kalk. Dieses Salz unterscheidet sich vom Kalkhydrat durch seinen Mangel an alkalischem Geschmack.

In der Natur kommt der kohlensaure Kalk in ungeheurer Ausdehnung, als Korallen, Kreide, Marmor und Kalkstein vor. Diese Gesteine trennen sich bei starker Hitze und besonders in einem Luftstrom, von ihrer Kohlensäure und bleiben als Aetzkalk zurück.

Kohlensaurer Kalk kommt reichlich in den Aschen von Pflanzen, besonders von Bäumen, vor. Bei der Bereitung von Pottasche bleibt er ungelöst zurück und bildet einen Haupttheil der zurückbleibenden ausgelaugten Asche.

Man nimmt an, daß der kohlensaure Kalk, den man in den Pflanzenaschen findet, hauptsächlich von der durch Hitze bewirkten Zersetzung der organischen Kalksalze (des weinsauren, oxalsauren, äpfelsauren Kalkes ꝛc.), welche in den Säften der Pflanzen vorkommen oder reichlich in fester Form in den Geweben abgelagert werden, herrühre.

Kohlensaurer Kalk selbst ist indessen kein ungewöhnlicher Begleiter des Pflanzenwachsthums, indem man denselben in Gestalt von unendlich kleinen rhombischen Krystallen in den Zellen einer Menge von Pflanzen findet.

Die Sulphate, welche wir noch beschreiben wollen, sind schwefelsaures Kali, Natron und Kalk.

Schwefelsaure Magnesia ist das wohlbekannte Bittersalz, und schwefelsaures Eisen der grüne Vitriol. (Schwefelsaures Lithion ist dem schwefelsauren Kali sehr ähnlich.)

Schwefelsaures Kali, $K_2O, SO_3 = 174$. Dieses Salz kann man sich durch Auflösen von Aetzkali oder kohlensaurem Kali in verdünnter Schwefelsäure verschaffen. Durch Abdampfen der Lösung erhält man es in Gestalt von harten, glänzenden

Krystallen oder als weißes Pulver. Es hat einen bitteren Geschmack. Gewöhnliche Pottasche oder Perlasche enthält mehrere Procent dieses Salzes.

Schwefelsaures Natron, $Na_2O, SO_3 = 142$. Glaubersalz ist der gebräuchliche Name dieses bekannten Körpers. Es hat einen bitteren Geschmack und wird viel als Purgirmittel für Rindvieh und Pferde gebraucht. Es kommt entweder krystallisirt durchsichtig, und enthält dann 10 Molecüle Wasser oder beinahe 56 Procent, oder wasserfrei in den Handel. Die Krystalle verlieren, der Luft ausgesetzt, rasch ihr Wasser und geben dann das wasserfreie Salz als ein weißes Pulver.

Schwefelsaurer Kalk, $CaO, SO_3 = 136$. Der gebrannte Gyps des Handels ist dieses Salz in mehr oder weniger reinem Zustande. Er ist leicht dargestellt, wenn man verdünnte Schwefelsäure mit Kalksteinen oder Marmor zusammenbringt. Man findet ihn in den meisten Pflanzenaschen, besonders in dem Klee, den Bohnen und anderen Leguminosen.

In der Natur findet sich der schwefelsaure Kalk gewöhnlich mit zwei Molecülen Wasser als Gyps, $CaO, SO_3, 2H_2O$, in ausgedehnten und häufig vorkommenden Gesteinsablagerungen.

In den Zellen vieler Pflanzen, z. B. in den Bohnen, kann man Gyps durch das Mikroskop in Gestalt von sehr kleinen Krystallen auffinden. Er bedarf 400 Theile Wasser zur Lösung, und da er beinahe überall in dem Boden vertheilt ist, fehlt er selten in den Wässern von Brunnen und Quellen.

Die Phosphate, welche eine besondere Beschreibung erfordern, sind die von Kali, Natron und Kalk.

Es giebt und können künstlich eine zahlreiche Menge Phosphate von jeder dieser Basen dargestellt werden. Dem Chemiker sind nicht weniger als dreizehn verschiedene Natronphosphate bekannt. Nur drei Klassen von Phosphaten haben ein specielles Interesse für den Landwirth.

Wie schon bemerkt (S. 124), wird Phosphorsäurehydrat

durch Kochen von wasserfreier Phosphorsäure in Wasser erhalten und wird durch die Formel $3H_2O, P_2O_5$ dargestellt.

Die Phosphate oder phosphorsauren Salze können als Phosphorsäurehydrate betrachtet werden, in denen ein, zwei oder alle drei Molecüle Wasser durch die entsprechende Anzahl Molecüle einer oder mehrerer Basen vertreten sind. Wir wollen diese Annahme klar zu machen suchen, indem wir die drei Phosphate des Kalkes, ihre Ableitung, ihre Formeln und Namen, welche wir in diesem Werke anwenden, übersichtlich geben:

a) $3HO, P_2O_5$ und CaO geben H_2O und $2H_2O, CaO$ P_2O_5 (einkalkiges Phosphat oder mit dem seither gebräuchlichen Namen bezeichnet), sauren phosphorsauren Kalk.

b) $3H_2O, P_2O_5$ und $2CaO$ geben $2H_2O$ und H_2O, $2CaO\ P_2O_5$ (zweikalkiges Phosphat oder) neutralen phosphorsauren Kalk.

c) $3H_2O, P_2O_5$ und $3CaO$ geben $3H_2O$ und $3CaO\,P_2O_5$ (dreikalkiges Phosphat oder) basisch-phosphorsaurer Kalk.

Die Phosphate des Kalis. Von diesen Salzen kommt das neutrale und saure Kaliphosphat reichlich (in Mengen von 40 bis 50 Procent) in den Körneraschen von Weizen, Roggen, Mais und anderen Körnerfrüchten vor. Keines dieser Phosphate kommt im Handel vor; sie gleichen in ihren äußeren Eigenschaften sehr den entsprechenden Natronsalzen.

Die Phosphate des Natrons. Von diesen verdient nur das (zweinatronige oder) neutrale phosphorsaure Natron, $2NaO, H_2O, P_2O_5 + 12aq$ *), Erwähnung. Man findet es bei den Materialisten in Gestalt von glasigen Krystallen,

*) Das Wasser, welches man in krystallisirten Salzen findet und welches durch eine schwache Erhitzung ausgetrieben werden kann, nennt man Krystallwasser und wird durch aq (aus dem lateinischen Aqua) bezeichnet, zum Unterschiede von dem basischen Wasser, welches fester verbunden ist.

welche 12 Molecüle (56 Procent) Wasser enthalten. Die Krystalle werden an der Luft durch Wasserverlust undurchsichtig. Dieses Salz hat einen kühlenden, salzigen Geschmack und ist leicht löslich in Wasser.

Phosphate des Kalks. Das neutrale sowohl wie das saure Kalksalz kommen wahrscheinlich beide in den Pflanzen vor.

Der neutrale, phosphorsaure Kalk oder das zweikalkige Phosphat ($2CaO H_2O, P_2O_5 + 2aq.$) ist ein weißes krystallinisches Pulver, beinahe unlöslich in Wasser, aber leicht löslich in Säuren. In der Natur findet man es als Concretionen im Urin der Störe aus dem Caspischen Meere. Ferner ist es ein Bestandtheil des Guanos und wahrscheinlich aller thierischen Excremente.

Der basisch phosphorsaure Kalk (dreikalkiges Phosphat), $3CaO P_2O_5$, ist der Hauptbestandtheil der Thierknochen und macht 90 bis 95 Procent der Knochenasche aus. Man kann es durch Zufügen eines Kalksalzes zu einer Natronphosphatlösung darstellen. In dem Mineralreich ist das dreikalkige Phosphat oder der basisch phosphorsaure Kalk der Hauptbestandtheil des Apatits und der anderen Phosphoriten. Diese Mineralien werden zur Darstellung des sogenannten Superphosphats verwendet, welches in ungeheurer Menge vorzugsweise als Rübendünger verbraucht wird. Das Superphosphat des Handels unverfälscht ist eine Mischung von schwefelsaurem Kalk und den oben erwähnten drei Phosphaten, von welchen das einkalkige oder saure Phosphat vorwiegen soll.

Die Phosphate von Magnesia, Eisen und Mangan sind in Wasser unlösliche Körper und erfordern keine besondere Beschreibung.

Die Chloride zeichnen sich alle durch ihre Leichtlöslichkeit im Wasser aus. Die Chloride von Lithium, Calcium und Magnesium sind zerfließlich, das heißt sie werden durch An-

ziehung von Feuchtigkeit aus der Luft flüssig. Nur die Chloride von Kalium und Natrium bedürfen einer Beschreibung.

Chlorkalium, $KCl = 74{,}5$. — Dieser Körper kann entweder durch Zusammenbringen von Kalium mit Chlor, in welchem Falle sich beide Elemente direct mit einander verbinden, oder durch Auflösen von Aetzkali in Salzsäure erhalten werden. In dem letzteren Fall bildet sich auch Wasser, wie es hier in der Formel ausgedrückt ist: $KHO + HCl = KCl + H_2O$.

Chlorkalium gleicht in seinem äußeren Erscheinen, in seiner Löslichkeit in Wasser und im Geschmack außerordentlich dem Kochsalz (Chlornatrium). Es war seither nur selten ein Handelsartikel. Das unreine, mit anderen Salzen gemischte Staßfurter Chlorkalium wird indessen in Zukunft von großer Bedeutung für die Landwirthschaft werden. Es ist in den Aschen und Säften der Pflanzen, besonders in den Seegewächsen gegenwärtig und findet sich ferner in allen fruchtbaren Bodenarten.

Chlornatrium, $NaCl = 58{,}5$. Dieser Körper ist das gewöhnliche Kochsalz. Man bezeichnete es früher auch als salzsaures Natron. Es ist kaum nöthig zu sagen, daß es in colossalen Quantitäten sich im Seewasser und in Salzquellen findet und in fester Form als Steinsalz in der Erde. Seine Eigenschaften sind so bekannt, daß sie nicht beschrieben zu werden brauchen. Es fehlt selten in den Pflanzenaschen.

Neben diesen eben beschriebenen Salzen und Verbindungen, kommen noch andere Substanzen in der lebenden Pflanze vor, die bereits größtentheils erwähnt wurden, die jedoch an dieser Stelle nochmals in Verbindung mit den Aschen berücksichtigt werden sollen.

Da diese Verbindungen durch Feuer zerstört werden, so erscheinen sie nicht in der Analyse der Pflanzenaschen.

Nitrate: Salpetersäure, eine der Verbindungen, in

welchen den Pflanzen hauptsächlich der Stickstoff zum Aufbau der Albuminate geliefert wird, ist nicht selten als salpetersaures Salz in den Geweben der Pflanzen enthalten. Sie kommt gewöhnlich in Form von salpetersaurem Kali (Salpeter) vor.

Die Eigenschaften dieses Salzes bedürfen kaum einer Beschreibung. Es ist ein weißer, krystallinischer Körper, leicht löslich in Wasser und hat einen kühlenden, salzigen Geschmack. Erhitzt mit Kohle oder kohlehaltigen Substanzen giebt es Sauerstoff an dieselben ab, und ein Abbrennen oder eine rasche und explosive Verbrennung ist die Folge. In den Blättern der Zuckerrübe, der Sonnenblume, des Tabacks und einiger anderer Pflanzen hat man dieses Salz gefunden. Verbrennt man solche Pflanzen, so wird die Salpetersäure zersetzt, oft mit leichtem Sprühen oder Glühen, wie bei mit Salpeter getränktem Papier, und das Alkali bleibt in der Asche als Carbonat zurück. Die Eigenschaften der Salpetersäure und ihrer Salze (Nitrate) sollen ausführlicher in einem anderen Bande: „Wie nähren sich die Pflanzen", beschrieben werden.

Oxalsaure, citronensaure, äpfelsaure und weinsaure Salze und andere weniger häufige, organische Säuren werden meistentheils in den Geweben der lebenden Pflanzen gefunden. Beim Verbrennen bleiben die Basen, mit denen sie verbunden, vorzugsweise Kali und Kalk, als Carbonate zurück.

Ammoniaksalze kommen in sehr geringen Mengen in einigen Pflanzen vor. Welche besonderen Salze vorkommen, ist unbestimmt, und ein besonderes Eingehen ist in diesem Kapitel überflüssig.

Da jede der eben beschriebenen Säuren sich mit jeder der Basen in einem oder mehreren Verhältnissen verbinden können, und da wir ferner ebensoviel Oxyde und Chloride haben, als Metalle vorhanden sind, und selbst mehr, so entsteht die Frage: welche von den sechzig oder mehr Verbin-

bungen, die außerhalb der Pflanze gebildet werden können, kommen thatsächlich in der Pflanze selbst vor? Nur von wenigen dieser ist indessen nachgewiesen, daß sie als solche in dem pflanzlichen Organismus vorhanden sind. In welcher Verbindung Eisen oder Mangan vorkommen, davon wissen wir wenig oder gar nichts; und wir können nicht mit Bestimmtheit behaupten, ob in einer gegebenen Pflanze das Kali als Phosphat, Sulphat oder Carbonat in der Pflanze sich befindet.

Wir haben jedoch ein Recht, aus dem Vorwiegen des Kalis und der Phosphorsäure in der Asche des Weizenkorns, anzunehmen, daß phosphorsaures Kali ein wesentlicher Bestandtheil der Körner ist; daß diese verbunden sind, nehmen wir nur an, weil kein Gegenbeweis vorliegt, der uns hindert, diese Körper uns verbunden zu denken. Anderseitig sind kohlensaurer und schwefelsaurer Kalk durch das Mikroskop in den Zellen verschiedener Pflanzen, in Krystallen, deren Charaktere keinen Irrthum zulassen, gefunden worden.

Für die meisten Zwecke ist es unnöthig mehr zu wissen, als daß bestimmte Elemente gegenwärtig sind, ohne auf die Art ihrer Verbindung Rücksicht zu nehmen. Man hat daher die Wahl, die Zusammensetzung der Pflanzen in Bezug auf die Aschenbestandtheile in verschiedener Weise darzustellen.

Wir sprechen hier natürlich nicht von Calcium oder Silicium in den Pflanzen, sondern von Kalk- und Kieselsäure, weil die Begriffe dieser selten gesehenen Elemente, den Chemiker ausgenommen, viel unbestimmter sind, als der ihrer Oxyde, mit denen Jedermann vertraut ist.

Ferner sprechen wir nicht von Sulphaten oder Chloriden, wenn wir Angaben, die mit einander verglichen werden sollen, zu machen wünschen, weil, wie wir eben bemerkt, nicht immer oder oft nicht wissen, welche Sulphate oder welche Chloride gegenwärtig sind.

Die folgenden Paragraphen sind einer mehr eingehenden Darstellung der Art des Vorkommens, der relativen Mengen, der besonderen Functionen und der Unentbehrlichkeit der Aschenbestandtheile der Pflanzen, gewidmet.

§ 2.

Menge, Vertheilung und Schwankungen in den Aschenbestandtheilen.

Die Asche der Pflanzen besteht aus den verschiedenen nichtflüchtigen Säuren, Oxyden und Salzen, die in § 1 erwähnt sind.

Die Aschenbestandtheile sind immer, in jeder Zelle der Pflanzen gegenwärtig.

Die Aschenbestandtheile kommen theils in der Zellwand incrustirt oder in der Cellulose eingebettet, theils in dem Protoplasma oder Inhalt der Zelle vor.

Ein Theil der Aschenbestandtheile ist in Wasser löslich und kommt im Saft der Pflanzen vor. Dies ist im Allgemeinen für die Salze der Alkalien, für die Sulphate und Chloride von Magnesia und Kalk richtig. Ein anderer Theil ist unlöslich und kommt in den Geweben der Pflanzen in fester Form vor.

Die Kieselsäure, der phosphorsaure Kalk und die Magnesiaverbindungen sind meistens unlöslich.

Damit ist selbstverständlich nicht gemeint, daß sie nicht, bevor sie in die Pflanze eintraten, alle gelöst sein mußten.

Die Aschenbestandtheile können von den flüchtigen Substanzen durch Verbrennen dieser oder irgend einen anderen Oxydationsproceß getrennt werden. Beim Verbrennen können unter gewissen Umständen kleine Mengen von Schwefel, Chlor, Alkalien und Phosphor sich verflüchtigen. Die Asche bleibt als Skelett der Pflanze zurück und bewahrt und zeigt oft die mikroskopische Form der Gewebe.

Die Verhältnisse der Aschenmengen sind nicht unveränderlich, selbst in derselben Pflanzenart und in demselben Theil der Pflanze. Verschiedene Arten von Pflanzen zeigen sehr häufig starke Unterschiede in der Menge von Asche, welche sie enthalten.

Die folgende Tafel zeigt die Menge der Asche in 100 Theilen (Trockensubstanz) einer Zahl von Pflanzen und Bäumen in ihren verschiedenen Theilen. In allen Fällen ist das mittlere Verhältniß aus einer großen Anzahl zuverlässiger Bestimmungen gegeben. In einigen Fällen sind die Maximalmengen, die bis jetzt veröffentlicht sind, angegeben.

Aschenmengen in verschiedenen Pflanzenproducten.

Ganze Pflanze ohne Wurzeln.

	Durchschnitt		Durchschnitt
Rother Klee	6,7	Turnips 10,7—19,7 . . .	15,5
Weißer = ...	7,2	Gelbrüben 15,0—21,3 . .	17,1
Timothee	7,1	Hopfen	9,9
Kartoffelkraut	5,1	Hanf	4,6
Zuckerrüben 16,3—18,6 . .	17,5	Lein	4,3
Futterrunkeln 14,0—21,8. .	18,2	Heide	4,5

Wurzeln und Knollen.

Kartoffeln 2,6—8,0	4,1	Turnips 6,0—20,9 . . .	12,0
Zuckerrüben 2,9—6,0	4,4	Gelbrüben 5,1—10,9 . .	8,2
Futterrunkeln 2,8—11,3 . .	7,7	Artischoken	5,2

Stroh und Stengel.

Weizen 3.8—6,9	5,4	Erbsen 6,5—9,4	7,9
Roggen 4,9—5,6	5,3	Bohnen 5,1—7,2	6,1
Hafer 5,0—5,4	5,3	Lein	3,7
Gerste	6,8	Mais	5,5

Körner und Samen.

Weizen 1,5—3,1	2,0	Buchweizen 1,1—2,1 . . .	1,4
Roggen 1,6—2,7	2,0	Erbsen 2,4—2,9.	2,7
Hafer 2,5—4,0.	3,3	Bohnen 2,7—4,3	3,7
Gerste 1,8—2,8	2,3	Lein	3,6
Mais 1,3—2,1.	1,5	Sorghum	1,9

Holz.

	Durchschnitt		Durchschnitt
Buche	1,0	Fichte	0,3
Birke	0,3	Tanne	0,3
Weintraube	2,7	Föhre	0,3
Apfel	1,3	Lerche	0,3

Rinde.

Birke	1,3	Föhre	2,0
Fichte	2,8	Walnuß	6,4
Tanne	3,3	Cautobaum	34,4

Wir sehen aus der Tafel: —

1) Daß verschiedene Pflanzen ungleiche Mengen Asche liefern. Dieselbe ist reichlich in den saftigen Blättern, wie der Zuckerrübe (18 Procent) und gering im Samen, Holz und Rinde.

2) Daß verschiedene Theile derselben Pflanze ungleiche Mengen Asche geben. So enthält das Weizenkorn 2 Procent, während das Stroh 5,4 Procent giebt. Die Asche in den Zuckerrübenblättern ist 17,5, in den Rüben 4,4 Procent. In dem reifen Hafer fand Arendt (Das Wachsthum der Haferpflanze, S. 84)

in den drei unteren Halmgliedern . .	4,6	Procent Asche,
in den zwei mittleren Halmgliedern. .	5,3	" "
in einem oberen Halmgliede	6,4	" "
in den drei unteren Blättern	10,1	" "
in den zwei oberen Blättern	10,5	" "
in der Aehre	2,6	" "

3) Wir finden ferner, daß im Allgemeinen die oberen und äußeren Theile der Pflanzen die größten Aschenmengen enthalten. Bei dem Hafer sehen wir aus den Zahlen von Arendt, daß die Aschenmenge von den unteren Theilen nach den oberen zunimmt, bis wir an die Aehre kommen. Zer=

legen wir indessen die Aehre, so finden wir die äußeren Theile am reichsten an Asche. Norton fand

in den enthülsten braunen Haferkörnern 2,1 Procent Asche,
in der Hülse des braunen Hafers . . 8,2 „ „
in der Spreu des braunen Hafers . . 18,1 „ „

Norton fand außerdem, daß die Spitzen der Haferblätter 16,22 Procent Asche lieferten, während der untere Theil nur 13,66 Procenter gab. (Am. Journ. Science Vol. 3, 1847.)

Aus der Tafel sieht man, daß Holz (0,3 bis 2,7 Procent) und Samen (1,5 bis 3,7 Procent) enthalten und daß (der untere und innere Theil der Pflanzen) am ärmsten an Asche sind. Die Stengel von krautartigen Pflanzen sind die nächst aschereichen (3,7 bis 7,9 Procent), während die Blätter von krautartigen Pflanzen, welche eine sehr große Oberfläche haben, am reichsten von allen sind (6 bis 8 Procent).

4) Die Untersuchung hat ferner erwiesen, daß die Aschenmenge der Trockensubstanz in derselben Pflanze in verschiedenen Wachsthumsperioden schwankt, sowohl in der ganzen Pflanze als auch in den verschiedenen Theilen oder Organen.

Die folgenden Resultate, die Norton bei Hafer erhalten, zeigen diese Unterschiede. Norton untersuchte die verschiedenen Theile der Haferpflanze in Zwischenräumen von Woche zu Woche durch die ganze Vegetationszeit derselben. Er fand:

	Blätter	Halm	Knoten	Spreu	Unenthülste Körner
Juni 4.	10,8	10,4	—	—	—
Juni 11.	10,7	9,8	—	—	—
Juni 18.	9,0	9,3	—	—	—
Juni 25.	10,9	9,1	—	—	—
Juli 2.	11,3	7,8	—	—	4,9
Juli 9.	12,2	7,8	—	—	4,3
Juli 16.	12,6	7,9	—	6,0	3,3
Juli 23.	16,4	7,9	10,0	9,1	3,6
Juli 30.	16,4	7,4	9,6	12,2	4,2

	Blätter	Halm	Knoten	Spreu	Unenthülste Körner
August 6. . . .	16,0	7,6	10,4	13,7	4,3
August 13. . . .	20,4	6,6	10,4	18,6	4,0
August 20. . . .	21,1	6,6	11,7	21,0	3,6
August 27. . . .	22,1	7,7	11,2	22,4	3,5
September 18. .	20,9	8,3	10,7	27,4	3,6

Hier bemerken wir bei den Blättern und der Spreu eine beständige Vermehrung der Asche, während in dem Halm eine beständige Abnahme stattfindet, bis dieselbe gegen die Zeit der Reife wieder etwas zunimmt. Die Knoten des Halms behielten ein ziemlich gleiches Aschenverhältniß. Die unenthülsten Körner erlitten zuerst eine Verminderung, dann eine Vermehrung und zuletzt wieder eine Abnahme.

Arendt fand nicht in jeder Richtung dieselben Schwankungen bei der Haferpflanze, wie sie Norton beobachtete. Arendt erhielt die folgenden Aschenverhältnisse:

	Die 3 unteren Glieder	2 Mittelgl.	Oberes Glied.	Untere Blätter	Obere Blätter	Aehre	Ganze Pflanze.
Juni 18. . .	4,4	—	—	9,7	7,7	—	8,0
Juni 30. . .	2,5	2,9	3,5	9,4	7,0	3,8	5,2
Juli 10. . .	3,5	4,7	5,2	10,2	6,9	3,6	5,4
Juli 21. . .	4,4	5,0	5,5	10,1	9,7	2,8	5,2
Juli 31. . .	6,4	5,3	6,4	10,1	10,5	2,6	5,1

Hier finden wir, daß die Asche sich im Halm und in jedem seiner verschiedenen Theile nach der ersten Untersuchung vermehrte. Die unteren Blätter zeigen eine Vermehrung der Mineralstoffe nach der ersten Periode; während in den oberen Blättern gegen die dritte Periode zu eine Verminderung der Asche eintritt, findet später wieder eine Vermehrung statt. In der Aehre sowohl wie in der ganzen Pflanze verminderte sich die Aschenmenge ganz regelmäßig mit dem Aelterwerden der Pflanze. Pierre fand, daß beim Raps (Brassica oleracea) das Verhältniß der Asche sich in allen Theilen der Pflanze verminderte (sie wurde in fünf Perioden untersucht), ausgenommen in den Blättern, in welchen sie sich vermehrte.

(Jahresbericht über Agriculturchemie III, S. 122.) Die Zuckerrübe (Bretschneider) und die Kartoffel (Wolf) zeigen eine Verminderung der Aschenprocente, sowohl in dem Kraut wie in der Wurzel.

Die Verminderung der Aschenmenge ist offenbar der gesetzliche Vorgang, indem ein Theil der in dem anfänglich gebildeten Organe befindlichen Mineralsubstanzen für die Bildung der nachfolgenden zum zweitenmal verwendet werden können und so eine Vermehrung der kohlenstoffhaltigen Substanzen stattfindet, ohne daß im gleichen Verhältniß eine weitere Aufnahme der Aschenbestandtheile stattfinden muß. Die Schwankungen, die bei Norton und wohl bei jeder Untersuchung in unregelmäßiger Weise stattfinden können und werden, dürften wohl unzweifelhaft auf Witterungsverhältnisse, Mangel und Ueberfluß an Wasser und Wärme sich zurückführen lassen. (Anmerk. des Uebers.)

Anderson untersuchte in vier Perioden die Turnips (Trans. High. and Ag. Soc., 1859—1861, p. 371) und fand die folgenden Aschenprocente in der Trockensubstanz.

	Juli 7.	Aug. 11.	Sept. 1.	Oct. 5.
Blätter . . .	7,8	20,6	18,8	16,2
Rüben . . .	17,7	8,7	10,2	20,9

In diesem Falle vermehrte sich die Asche in den Blättern der ersten Hälfte von 7,8 zu 20,6 und sank in der zweiten auf 16,2. Die Asche der Rüben schwankte umgekehrt, indem sie von 17,7 auf 8,7 sank und dann wiederum auf 20,9 stieg.

Im Allgemeinen vermindert sich das Verhältniß der Asche regelmäßig mit dem Aelterwerden der Pflanze.

5) Der Einfluß, den der Boden auf die Verschiedenheit des Aschenverhältnisses bei derselben Pflanzenart ausübt, zeigt folgendes von Wunder (Vers.-Stat. IV, S. 266) erhaltene Resultat bei Turnips, welche zwei Jahre hinter einander in verschiedenen Bodenarten gezogen wurden.

	In sandigem Boden		Im Lehmboden	
	1. Jahr	2. Jahr	1. Jahr	2. Jahr
Aschenprocente	13,9	11,3	9,1	10,9

6) Wie man wohl voraussetzen durfte, nehmen verschiedene Arten derselben Pflanze, die auf demselben Boden wachsen, verschiedene Mengen von nichtflüchtigen Körpern auf.

In fünf Varietäten Kartoffeln, die in demselben Boden und unter gleichen Bedingungen gepflanzt wurden, fand Herapath (Qu. Journ. Chem. Soc. II, p. 20) die Aschenprocente der Trockensubstanz der Knollen wie folgt:

Varietät der Kartoffel	White Apple	Prince's Beauty	Axbridge Kidney	Magpie	Forty-fold
Aschenprocente	4, 8	3,6	4,3	3,4	3,9

7) Man hat ferner beobachtet, daß verschiedene Individuen derselben Pflanzenvarietät, die Seite an Seite in demselben Boden (in demselben Felde wenigstens) wuchsen, verschiedene Aschenverhältnisse zeigen, je nachdem sie gesunde und kräftige Pflanzen, oder ob sie anderseits schwach und dürftig gewachsen waren. Pierre (Jahresbericht über Agriculturchemie III, S. 125) fand in der ganzen Rapspflanze von verschieden kräftiger Entwickelung folgende Aschenprocente in der Trockensubstanz:

in außerordentlich schwachen Pflanzen 1856	8,0	Procent	Asche.
in sehr schwachen Pflanzen 1857	9,0	"	"
in schwachen Pflanzen 1857	11,4	"	"
in starken Pflanzen 1857	11,0	"	"
in sehr starken Pflanzen 1857	14,3	"	"

Pierre schreibt die größere Aschenmenge in den starken Pflanzen den verhältnißmäßig in größerer Menge entwickelten Blättern zu.

Aehnliche Resultate erhielt Arendt beim Hafer. Wunder (Vers.-Stat. IV, S. 115) fand, daß die Blätter einer schwachen Turnipspflanze etwas mehr Asche enthielten, als die einer starken Pflanze. Die eine hatte 19,7, die andere 16,8 Procent.

8) Der Leser ist durch die vorhergehenden Auseinander-

setzungen soweit vorbereitet, daß er theilweise die Ursachen der Schwankungen in den Aschenmengen in verschiedenen Individuen derselben Pflanzenart verstehen kann.

Die Thatsache, daß die verschiedenen Theile der Pflanzen in ihrer Zusammensetzung ungleich sind, indem die oberen und äußeren Theile im Allgemeinen reicher an Aschenbestandtheilen sind, erklärt einigermaßen, warum verschiedene Beobachter verschiedene analytische Resultate erhalten haben.

Es ist wohl bekannt, daß eine Reihe von Umständen die relative Entwickelung der Organe einer Pflanze beeinflussen. In trockenen Sommern bleiben die Pflanzen im Wachsthum zurück, sie sind an der Oberfläche rauher, haben mehr und härtere Haare und Stacheln, wenn diese der Pflanze eigenthümlich sind, und sie bilden ihre Frucht früher aus. Bei feuchtem Wetter und unter dem Einfluß reichlicher Düngung sind die Pflanzen vollsaftiger, und die Stengel und Blätter oder pflanzlichen Theile wachsen auf Kosten der Fortpflanzungsorgane.

Ferner sind wir genöthigt, verschiedene Varietäten derselben Pflanze, welche in der Art ihrer Entwickelung oft ganz ungleich sind, in einer Classe zusammen auf der Tafel aufzuführen und wir sind genöthigt, unter derselben Rubrik Pflanzen, die sich in verschiedenen Wachsthumsstadien befinden, zu bringen.

Damit z. B. die Weizenpflanze immer dieselben Aschenprocente haben könnte, wäre es nothwendig, daß jeder einzelne Theil derselben auch die gleiche Entwickelung erlangen würde. Sie müßte dann auch immer unter denselben Bedingungen von Wärme, Licht, Feuchtigkeit und Boden wachsen. Dies ist jedoch so gut wie unmöglich, und wenn wir zugeben, daß die Weizenpflanze innerhalb gewisser Grenzen in ihrer Form schwanken kann, ohne ihre besonderen Eigenschaften einzubüßen, müssen wir auch eine entsprechende Verschiedenheit ihrer Zusammensetzung zugestehen.

Die Verschiedenheiten zwischen toscanischem Weizen, welcher ausschließlich wegen seines Strohes, von welchem die Florentiner Hüte gemacht werden, und dem „Pedigreeweizen" von Hallet (Journal Roy. Ag. Soc. of Engl. Vol. 22, p. 374) ist in einigen Richtungen so groß, als wie zwischen zwei völlig verschiedenen Pflanzen. Der Hutweizen hat eine kurze, lose, begrannte Aehre mit nicht mehr als einem Dutzend kleiner Körner, während der Pedigreeweizen eine unbegrannte 8¾ Zoll lange Aehre zeigt mit dichtgepackten großen Körnern, 120 an Zahl.

Würde man den Hutweizen in gleicher Weise cultiviren und auswählen wie den Pedigreeweizen, so würde er ohne Zweifel mit der Zeit ebenso fruchtbar an Körnern werden wie dieser, während der Pedigreeweizen mit vielleicht noch größerer Leichtigkeit werthvoller in seinem Stroh als in seinen Körnern werden könnte.

Wir sehen daher leicht ein, daß, wie die Umstände fortwährend neue Varietäten hervorbringen, auch die Analyse beständig Unterschiede in der Zusammensetzung finden wird.

9) Von allen Theilen der Pflanze sind die Samen am wenigsten Schwankungen in der Zusammensetzung unterworfen. Zwei Varietäten oder zwei Individuen können in ihren relativen Verhältnissen der Blätter, Stengel, Spreu und Samen schwanken, aber die Samen selbst stimmen nahezu überein. So fand der Verfasser in 67 Proben von Weizen, die derselbe verglichen, die Extreme der Aschenunterschiede: 1,35 und 3,13. In 60 Proben von 67 fällt die Grenze der Schwankung zwischen 1,4 und 2,3 Procent. In 42 war die Grenze von 1,7 zu 2,1 Procent, während der Durchschnittsgehalt aller 2,1 Procent Asche ergab.

In den Halmen oder dem Stroh der Körnerfrüchte ist die Schwankung viel beträchtlicher. Weizenstroh schwankt von 3,8 bis 6,9, Erbsenstroh von 6,5 zu 9,4 Procent. In

fleischigen Wurzeln ist der Unterschied groß; so schwanken die Turnips von 6 bis zu 21 Procent; die extremsten Schwankungen im Aschengehalt werden indessen im Allgemeinen in den saftigen Blättern gefunden. Turnipsblätter schwanken von 10,7 bis zu 19,7, Kartoffelkraut von 11 bis nahezu 20 und Taback von 19 bis 27 Procent.

Wolf (Die naturgesetzlichen Grundlagen des Ackerbaues, 3. Aufl., S. 117) hat von einer großen Zahl von Analysen die folgenden Durchschnittszahlen für die drei wichtigsten Classen der landwirthschaftlichen Pflanzen abgeleitet, nämlich:

	Körner	Stroh
Halmfrüchte	2	5,25 Procent.
Leguminosen	3	5 „
Oelpflanzen	4	4,5 „

Mehr allgemeine Durchschnittszahlen sind folgende (Wolf):

Jährige und zweijährige Pflanzen.		Dauernde Pflanzen.	
Samen . . .	3 Procent	Samen . . .	3 Procent
Stengel . .	5 „	Holz	1 „
Wurzeln . .	4 „	Rinde . . .	7 „
Blätter . . .	15 „	Blätter . . .	10 „

Wir können diesen Abschnitt schließen, indem wir drei Annahmen, welche theilweise schon durch die gegebenen Thatsachen bewiesen sind und welche die wichtigsten Punkte unserer Kenntnisse über diesen Gegenstand einschließen, festhalten.

I. Die Aschenbestandtheile sind für das Leben und das Wachsthum aller Pflanzen unentbehrlich. Im Schimmel, in der Hefe und Pflanzen der einfachsten Art, wie in denen der höheren Ordnungen, überall weist die Analyse unverbrennliche Mineralien nach. Wir müssen daraus schließen, daß diese zum ursprünglichen Vorgang des Wachsthums nothwendig sind, und daß die atmosphärische Nahrung nicht assimilirt und vegetabilische Materie nicht organisirt werden kann ohne die Mitwirkung derjenigen Substanzen, die

wir in den Aschen der Pflanzen finden. Diese Annahme ist ferner durch zahlreiche synthetische Versuche in der überzeugendsten Weise dargethan worden. Es ist natürlich unmöglich, zu versuchen, eine Pflanze ohne irgend welche Aschenbestandtheile zu erziehen, da die letzteren in allen Samen vorhanden sind und während der Keimung in die Keimpflanze übergehen. Wenn wir Samen in einem durchaus unlöslichen Medium keimen lassen, können wir beobachten, was geschieht, wenn die beschränkte Menge der unverbrennlichen Stoffe des Samens selbst erschöpft ist. Wiegman und Polstorf (Preisschrift über die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen) pflanzten 30 Körner Kressensamen in feinen Platindraht, der sich in einem Platingefäß befand. Der Inhalt des Gefäßes wurde mit destillirtem Wasser befeuchtet und das Ganze unter eine Glasglocke gesetzt, um den Staub abzuhalten. Durch eine Oeffnung in der Glocke war eine Verbindung mit dem Gasometer, wodurch die Luft im Innern mit einer künstlichen Mischung, die in 100 Theilen auf 21 Theile Sauerstoff, 78 Theile Stickstoff und 1 Theil Kohlensäure enthielt, erneuert werden konnte. In zwei Tagen keimten 28 von den Körnern; sie entwickelten nachher Blätter und wuchsen langsam mit anscheinender Gesundheit und erreichten in 26 Tagen eine Höhe von 2 bis 3 Zoll. Von dieser Zeit an hörten sie auf zu wachsen, wurden gelb und starben ab. Die Pflanzen wurden gesammelt und verbrannt; die Asche von denselben wog genau soviel, wie man beim Verbrennen von 28 Körnern von gleicher Beschaffenheit erhalten hatte. Dieser Versuch zeigt auf das Schlagendste, daß eine Pflanze bei Abwesenheit der Aschenbestandtheile nicht wachsen kann. Die Entwickelung der Kresse hörte auf, sobald die Aschenbestandtheile des Samens bis zum äußersten zur Organisation neuer Zellen gedient hatten. Aus anderen Versuchen wissen wir, daß, wenn den Kressenpflanzen in dem obigen Versuche in dem Augenblicke,

wo sie anfingen gelb zu werden, Asche zugeführt worden wäre, sie sich erholt und sich in weit größerem Maße entwickelt haben würden.

II. Das Verhältniß der Aschenbestandtheile in den Pflanzen schwankt innerhalb eines engen Spielraums, kann aber unter eine gewisse Grenze nicht sinken oder gewisse Grenzen nicht überschreiten. Die Wahrheit dieses Ausspruchs kann sowohl aus der Tafel der Aschenprocente, wie auch aus oben ben beschriebenen Versuchen von Wiegman und Polstorf abgeleitet werden.

III. Wir haben allen Grund zu glauben, daß jeder Theil oder Organ (jede Zelle) der Pflanze einen gewissen beinahe unveränderlichen Betrag von unverbrennlichen Körpern enthält, der unentbehrlich zu den Wachsthumsfunctionen ist. Jeder Theil oder jedes Organ kann nebenbei eine veränderliche, unwesentliche oder zufällige Menge derselben mit sich führen. Welche Aschenmenge einer Pflanze wesentlich und welche zufällig, ist eine Frage, die bis jetzt noch keine zufriedenstellende Lösung gefunden hat. Indem wir die Richtigkeit dieser Hauptpunkte annehmen, bleibt uns noch übrig, von den Schwankungen der Aschenmengen Rechenschaft abzulegen, die den bis jetzt schon erwähnten Ursachen nicht zugeschrieben werden können. Die Beweise hierfür sind dem folgenden Abschnitte vorbehalten.

§ 3.

Besondere Zusammensetzung der Asche landwirthschaftlicher Pflanzen.

Die ausgedehnten Untersuchungen, welche über den Gegenstand dieser Abtheilung neuerdings gemacht wurden, können bequem in einer Reihe von Sätzen dargestellt und besprochen werden.

1) Unter den Substanzen, welche in § 1 als Bestand-

theile der Pflanzen beschrieben wurden, sind folgende unter allen Umständen in allen landwirthschaftlichen Pflanzen und beinahe in allen Theilen derselben gegenwärtig, nämlich:

Basen	Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Eisen.	Säuren	Chlorwasserstoff, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kieselsäure, Kohlensäure.

2) Verschiedene normale Individuen derselben Pflanzenart haben beinahe gleiche Zusammensetzung. Der Gebrauch des Wortes „beinahe" schließt, was bereits angedeutet wurde, ein, daß nämlich gewisse Schwankungen in den relativen Verhältnissen sowohl, als in den Gesammt-Aschenbestandtheilen in der Pflanze vorkommen. Dieser Punkt wird in Kurzem ausführlicher besprochen werden.

Nehmen wir den Durchschnitt vieler zuverlässiger Aschenanalysen, so kommen wir zu einem Resultate, welches nicht viel verschieden ist von der Majorität der einzelnen Analysen. Dies trifft besonders bei den Samen der Pflanzen zu, die unter den gewöhnlichen Verhältnissen überall beinahe dieselbe Entwickelung erlangen. Weniger richtig ist dies bei den Blättern und Knollen, deren Größe und Eigenthümlichkeit in großer Ausdehnung schwanken. In der folgenden Tafel (S. 162 ff.) ist die Aschenzusammensetzung einer Anzahl landwirthschaftlicher Producte gegeben, welche wiederholt einer Analyse unterworfen wurden. In den meisten Fällen ist statt einzelner Analysen der Durchschnitt einer Reihe derselben gegeben. Von diesen ist die erste das Mittel aller Analysen, die veröffentlicht oder dem Verfasser zugänglich waren, während die nachfolgenden die Resultate, die ein Analytiker aus einer Anzahl von Proben erhalten hat, oder sie sind das Mittel verschiedener einzelner Analysen. Auf diese Weise glauben wir, daß die wirklichen Schwankungen in der Zusammen-

setzung ziemlich treu und unabhängig von etwaigen Fehlern in der Analyse dargestellt sind.

Ferner sind die niedrigsten und höchsten Procente gegeben. Diese sind ohne Zweifel in manchen Fällen durch Fehler in der Analyse oder durch Verunreinigungen des untersuchten Materials übertrieben. Chlor und Schwefelsäure mögen meistentheils etwas zu niedrig sein, weil bei der Verbrennung oft eine theilweise Verflüchtigung nicht zu vermeiden ist, während Kieselsäure leicht durch Sand und Erde, die der Pflanze anhängen, zu hoch gefunden wird.

In zwei Fällen sind einzelne und vielleicht ungenaue Analysen von Basen, welche ausnahmsweise große Quantitäten von Natron zeigen, besonders aufgeführt.

Eine Anzahl Analysen, die uns erst nach der Berechnung der Mittelwerthe zukamen, sind im Anhang gegeben.

Die folgende Tafel giebt beide, Körner und Stroh von Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Mais, Reis, Buchweizen, Bohnen und Erbsen, die Knollen von Kartoffeln, die Rüben und Blätter von Zuckerrüben, Futterrunkeln, Gelbrüben, Turnips und verschiedene Theile der Baumwollenpflanze.

Für die Mittelwerthe der Zusammensetzung anderer Pflanzen und vegetabilischer Producte ist der Leser auf die beigefügte von Prof. Wolf von Hohenheim ausgearbeitete Tafel im Anhang hingewiesen. Die Tafel enthält auch die von Prof. Wolf erhaltenen Durchschnittszahlen für die meisten Substanzen, ausgenommen Baumwolle, deren Zusammensetzung auf den gleich folgenden Seiten dargestellt ist. Die Unterschiede zwischen Prof. Wolf's und des Verfassers Zahlen rühren größtentheils von der geringeren Zahl Analysen des Ersteren her.

In beiden Tabellen ist die Kohlensäure, welche in den meisten Aschen vorkommt, ausgeschlossen, weil ihre Menge, je nach der Temperatur, bei der die Verbrennung geschah, schwankt.

Aschenzusammensetzung einiger landwirthschaftlichen Pflanzen und Producte.

(So geordnet, um die Grenzen der Schwankungen zu zeigen.)

Procent der Asche	Kali	Natron	Magnesia	Kalk	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor	
						Weizenkörner.				
—	31,3	3,2	12,3	3,2	—	45,1	—	1,9	—	Durchschnitt von 79 Analysen.
2,3	30,0	9,0	10,9	2,2	—	48,1	0,1	0,1	0,5	" " 5 " von J. Herapath.
1,9	31,4	3,2	12,3	3,5	0,8	45,0	0,5	3,0	0,4	" " 26 " " Way & Ogston.
2,4	28,0	2,7	11,5	2,4	0,6	50,0	2,2	2,0	0,7	" " 9 " " Zöller.
2,0	33,7	2,6	12,7	3,3	—	44,5	—	0,8	—	" " 30 " " Bibra.
—	27,3	4,3	12,2	3,0	0,7	50,0	0,1	1,6	0,7	" " 9 " " Anderen*).
1,6	20,0	0,0	6,3	0,9	0,0	34,4	0,0	0,0	0,0	Niedrigster Durchschnitt von 79 Analysen.
3,1	38,4	15,9	16,3	8,2	3,3	60,4	2,4	7,6	6,1	Höchster " " 79 "
2,6	6,4	27,8	12,9	3,9	0,5	46,1	0,3	0,4	—	Alte Analysen von Bichon, oben nicht mitberechnet.
2,5	30,6	2,5	10,0	4,1	1,1	47,4	1,2	5,6	0,7	Neue " " Anderson " " "
						Roggenkörner.				
2,0	28,8	4,3	11,6	3,9	—	45,6	—	2,6	—	Durchschnitt von 21 Analysen.
2,0	29,1	0,3	11,5	3,0	0,9	48,6	2,5	1,5	1,1	" " 8 " von Zöller.
2,1	33,5	2,1	12,2	2,1	—	45,6	—	1,5	—	" " 5 " " Bibra.
1,9	25,4	8,2	11,3	5,9	1,2	42,2	0,7	4,5	0,5	" " 8 " " Anderen **).
1,6	9,4	0,0	10,1	1,3	0,5	25,1	0,5	0,6	0,0	Niedrigster Durchschnitt von 21 Analysen.
2,7	37,5	20,8	14,4	15,3	2,2	51,8	3,0	14,6	2,5	Höchster " " 21 "
						Gerstenkörner.				
—	21,2	3,5	8,2	2,3	—	32,8	2,0	28,4	—	Durchschnitt von 43 Analysen.
2,1	26,2	2,1	8,4	2,4	0,8	32,1	1,0	25,3	1,3	" " 13 " von Way & Ogston.
2,9	18,5	3,9	7,0	2,7	0,7	32,4	2,8	31,1	1,1	" " 14 " " Zöller.
2,2	18,4	2,8	11,7	2,3	—	35,9	3,3	24,6	—	" " 6 " " Bibra.
2,5	22,3	3,7	8,2	3,8	1,2	28,3	1,9	31,1	—	" " 5 " " John.
2,5	17,0	7,0	6,8	2,6	1,1	36,4	0,8	30,6	0,9	" " 5 " " Anderen †).
7,8	13,8	0,6	4,3	0,7	0,1	26,0	0,2	22,1	0,2	Niedrigster Durchschnitt von 43 Analysen.
2,8	31,6	8,9	14,7	4,2	2,4	39,8	4,0	36,7	5,2	Höchster " " 43 "
2,4	3,9	16,8	10,1	3,4	1,9	40,6	0,3	22,0	—	Alte Analysen von Bichon.
2,5	17,0	5,9	7,2	2,7	0,5	30,3	1,4	33,1	0,2	Neue Analyse von Bellmans.
2,5	17,0	6,3	6,8	3,1	0,5	—?	1,5	33,7	0,3	" " " Moosman.

*) Schmidt, Thon, Will & Fresenius, Boussingault, Weber, Petzholdt, Baer, Fr. Schulze. **) Herapath, Way & Ogston, Fr. Schulze, Will & Fresenius, Bichon, Geradewohl, Schulz-Fleeth. †) John, Schmidt, Koechlin, Thomson.

Procent der Asche	Kali	Natron	Magnesia	Kalk	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor	
					Haferkörner.					
—	15,6	2,5	7,2	3,7	0,5	21,3	1,5	46,4	0,4	Durchschnitt von 21 Analysen.
3,2	16,6	2,6	7,0	3,8	0,5	22,6	1,6	44,9	0,6	„ „ 11 „ von Way & Ogston.
3,4	14,5	2,6	7,5	3,6	0,8	19,8	1,6	48,0	0,8	„ „ 10 „ „ Anderen *).
2,5	9,8	0,3	4,9	1,3	0,1	9,7	0,1	38,0	0,0	Niedrigster Durchschnitt von 21 Analysen.
4,0	24,3	8,2	9,7	8,4	2,1	32,3	4,0	56,5	1,6	Höchster „ „ 21 „
					Maiskörner.					
—	27,8	3,9	15,0	2,5	0,8	46,8	1,5	1,6	—	Durchschnitt von 8 Analysen.
1,5	28,4	1,7	13,6	0,6	0,5	53,7	—	1,6	—	Way & Ogston.
—	26,6	7,5	15,4	1,6	0,6	39,6	5,5	2,1	—	Fromberg.
—	30,8	0,0	17,0	1,3	—	50,1	—	0,8	—	Letellier.
2,1	26,0	13,2	13,3	1,2	0,9	44,6	—	3,9	0,2	W. H. Brewer.
—	28,8	3,5	14,9	6,3	unbest.	45,0	unbest.	unbest.	unbest.	Stepf **).
1,3	24,3	1,5	16,0	3,2	1,9	49,4	1,0	2,8	Spur	Bibra.
1,3	26,7	3,9	15,2	2,6	2,0	47,5	1,2	1,9	„	„
—	30,7	—	14,7	3,1	0,8	44,5	4,1	1,8	0,5	Campbell.
1,7	23,7	0,0	11,3	?	1,4	35,0	?	?	3,6	Niedrigster Durchschn. von 3 Analysen von Sachse, Schreber [u. Lehmann †).
1,9	29,6	0,0	16,0	?	9,6	40,4	?	?	4,5	Höchster „ „ 3 „ „ denselben.
1,3	23,7	0,0	11,3	0,6	0,5	35,0	0,0	0,8	0,0	Niedrigster Durchschnitt von 11 Analysen.
2,1	30,8	13,2	17,0	6,3	9,6	53,7	5,5	3,9	4,5	Höchster „ „ 11 „
					Geschälter Reis.					
0,5	21,7	5,5	11,2	3,2	—	53,7	—	2,7	—	Durchschnitt von 5 Analysen.
1,0	18,5	10,7	11,7	1,3	0,5	53,4	—	3,4	0,3	Johnston.
0,4	20,2	2,5	4,2	7,2	2,0	62,3	—	1,4	—	Zedeler.
0,3	22,2	6,3	12,4	5,9	?	46,3	1,3	3,4	0,5	Bibra.
0,2	22,3	4,0	14,3	1,1	?	54,0	0,6	3,0	Spur	„
0,7	25,4	4,1	13,4	0,8	?	52,6	Spur	2,5	Spur	„
0,2	18,5	2,5	4,2	0,8	—	46,3	—	1,4	—	Niedrigster Durchschnitt von 5 Analysen.
1,0	25,4	10,7	14,3	7,2	—	62,3	—	3,4	—	Höchster „ „ 5 „

*) Herapath, Boussingault, Porter, Fr. Schulze, Knop & Schnedermann, Bretschneider, Bibra. **) Maismehl. †) Detaillirte Analysen nicht vorhanden.

Aschenzusammensetzung einiger landwirthschaftlichen Pflanzen und Producte.

(So geordnet, um die Grenzen der Schwankungen zu zeigen.)

Procent der Asche	Kali	Natron	Magnesia	Kalk	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor	
						Reis mit Hülse.				
8,2	17,5	5,6	10,7	4,0	—	40,6	—	—	—	Durchschnitt von 2 Analysen.
9,1	17,7	5,2	10,3	1,0	?	41,4	0,4	Spur	0,4	Bibra.
7,3	17,4	5,8	11,2	7,0	?	39,9	1,4	0,5	1,4	„
						Buchweizenkörner.				
2,1	8,7	20,1	10,4	6,7	1,1	50,1	2,2	0,7	—	Analyse von Bichon.
1,1	20,8	9,0	12,3	4,8	2,3	46,7	2,1	—	2,0	„ „ Bibra.
1,1	25,4	3,2	14,5	1,8	1,9	49,2	2,1	—	1,9	„ „ „
						Erbsenkörner.				
—	40,9	3,1	7,6	5,4	0,8	35,3	4,3	0,8	1,4	Durchschnitt von 31 Analysen.
—	42,3	0,9	8,0	4,8	1,0	37,6	2,7	0,6	1,8	„ „ 14 „ vom preuß. Landes-Oek.-Coll.
—	39,5	7,9	7,1	3,6	0,3	31,6	7,1	0,5	0,1	„ „ 5 „ von John.
2,7	42,4	1,5	6,7	6,6	0,6	34,0	5,7	1,4	1,7	„ „ 7 „ „ Way & Ogston.
—	36,3	6,6	8,2	7,0	0,9	34,4	3,9	0,9	1,2	„ „ 5 „ „ Anderen.*)
2,4	34,2	0,0	5,8	2,2	0,0	25,0	0,0	0,2	0,0	Niedrigster Durchschnitt von 31 Analysen.
2,9	45,7	12,9	12,2	13,2	3,8	44,4	9,4	2,6	6,5	Höchster „ „ 31 „
						Bohnen.				
—	38,5	6,0	7,3	6,3	0,2	34,6	3,2	0,8	1,5	Durchschnitt von 18 Analysen.
3,7	35,4	1,9	5,7	4,5	—	38,5	3,6	0,4	3,4	„ „ 4 „ von Ritter.
3,0	44,7	1,7	6,7	8,3	0,3	32,1	4,4	0,8	1,1	„ „ 7 „ „ Way & Ogston.
4,3	34,0	12,6	8,9	5,4	0,3	34,9	1,7	0,9	0,8	„ „ 7 „ „ Andern.*)
2,7	20,8	0,0	5,1	3,1	0,0	27,1	1,3	0,0	0,0	Niedrigster Durchschnitt von 18 Analysen.
4,3	53,6	22,8	12,0	13,4	1,0	41,2	6,4	2,5	6,0	Höchster „ „ 18 Analysen.
—	43,1	0,2	—	6,3	—	32,7	3,3	—	—	Henneberg u. Stohmann, oben nicht mitberechnet.
						Weizenstroh und Spreu.				
—	11,5	1,6	2,5	5,8	0,7	5,8	2,5	69,1	1,1	Durchschnitt von 15 Analysen.
—	11,6	0,7	2,4	5,9	0,5	6,0	3,2	69,6	—	„ „ 9 „ von Way & Ogston.†)
5,4	11,3	3,0	2,6	5,6	0,9	4,2	1,4	68,4	2,8	„ „ 6 „ Anderen ††).
3,8	1,3	0,0	0,0	2,7	0,1	2,2	0,7	60,6	0,0	Niedrigster Durchschnitt von 15 Analysen.
6,9	16,7	7,8	5,2	8,8	1,8	8,9	5,6	73,6	9,4	Höchster „ „ 15 „

*) Will & Fresenius, Bichon, Thon, Boussingault, Baer. **) Herapath, Bichon, Boussingault, Büchner, Thon, Levi. †) Spreu inbegriffen.
††) Petzholdt, Bär, Weber, Boussingault, Zöller, Henneberg & Stohmann.

Procent der Asche	Kali	Natron	Magnesia	Kalk	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor	
					Reisstroh.					
5,2	15,4	2,6	2,9	7,9	0,8	5,3	1,9	58,8	1,4	Durchschnitt von 5 Analysen *).
4,9	9,8	0,0	2,3	5,5	0,2	3,8	0,8	46,5	0,0	Niedrigster Durchschnitt von 5 Analysen.
6,3	30,8	6,3	3,4	9,6	1,9	7,4	2,5	65,2	3,2	Höchster „ „ 5 „
4,2	—	—	—	17,0	1,0	4,5	—	50,1	—	Henneberg & Stohmann, oben nicht mitberechnet.
					Gerstenstroh.					
—	21,6	4,1	2,4	7,7	—	4,5	3,7	54,1	—	Durchschnitt von 17 Analysen.
5,5	12,0	4,6	3,0	7,3	1,9	6,0	2,8	59,7	2,6	„ „ 4 „ von Zöller.
4,9	15,4	3,5	2,6	9,0	0,8	4,1	2,6	59,8	2,6	„ „ 5 „ „ Way & Ogston.
—	30,6	4,3	1,9	7,1	—	4,0	4,9	47,6	—	„ „ 8 „ „ Wolff.
3,2	10,8	1,1	1,7	5,3	0,2	2,2	1,1	49,9	1,3	Niedrigster Durchschnitt von 9 Analysen.
5,9	20,9	5,7	3,1	13,1	2,0	7,2	3,3	68,5	3,9	Höchster „ „ 9 „
					Haferstroh.					
—	20,5	6,4	3,8	7,4	1,6	4,1	3,3	49,5	3,6	Durchschnitt von 5 Analysen.
5,2	21,4	4,3	3,8	7,0	1,5	5,2	3,4	50,2	3,9	„ „ 3 „ von Way & Ogston.
—	19,2	9,7	3,8	8,1	1,8	2,6	3,2	48,4	3,3	„ „ 2 „ „ Levi und Boussingault.
5,0	12,2	2,8	2,3	4,9	0,7	1,9	2,2	42,6	1,5	Niedrigster Durchschnitt von 5 Analysen.
5,4	26,1	14,7	5,5	8,8	2,7	7,3	4,4	54,3	7,0	Höchster „ „ 5 „
—	—	—	—	9,6	0,9	3,3	—	31,4	4,0	Henneberg & Stohmann, oben nicht mitberechnet.
					Maisstengel.					
5,5	36,3	1,25	5,7	10,8	2,4	8,3	5,2	28,8	—	Way & Ogston.
					Buchweizenstroh.					
6,15	46,6	2,2	3,6	18,4	?	11,9	5,3	5,5	7,7	Durchschnitt von 6 Analysen von Wolff.
					Erbsenstroh.					
—	21,4	5,7	7,2	38,8	1,4	7,1	6,1	5,4	6,3	Durchschnitt von 22 Analysen. [Collegium **).
4,8	23,2	5,3	7,6	35,0	1,4	9,0	6,2	5,7	7,3	„ „ 13 „ vom preuß. Landes-Oekon.-
7,9	20,7	5,3	8,6	49,5	1,8	4,1	5,3	5,3	3,3	„ „ 6 „ von Way & Ogston.
8,1	15,1	8,3	9,5	37,1	0,8	8,3	7,7	4,8	7,7	„ „ 3 „ „ Andern †).
3,4	0,4	0,0	3,3	17,3	0,0	1,7	0,8	0,6	0,0	Niedrigster Durchschnitt von 22 Analysen.
1,3	36,5	24,1	13,9	67,4	3,5	18,2	16,0	21,4	16,2	Höchster Durchschnitt von 22 Analysen.

*) Will & Fresenius, Schulze-Fleeth, Zöller, Rautenberg. **) Rammelsberg, Ritzsch, Liebig, Marchand, Steinberg, Schulze, Kroker, Weber, Heintz, Erdmann, Städeler. †) Boussingault, Baer, Hertwig.

Aschenzusammensetzung einiger landwirthschaftlichen Pflanzen und Producte.

(So geordnet, um die Grenzen der Schwankungen zu zeigen.)

Procent der Asche	Kali	Natron	Magnesia	Kalk	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor	
Bohnenstroh.										
—	32,7	8,7	7,3	25,3	1,7	7,9	2,2	5,5	7,3	Durchschnitt von 9 Analysen.
—	34,6	4,4	9,3	23,0	2,6	8,2	0,2	6,6	6,8	„ „ 4 „ von Ritter & Knop.
6,1	31,3	12,1	5,7	27,2	1,1	7,7	3,7	4,6	7,8	„ „ 5 „ „ Way & Ogston.
5,1	5,4	1,9	3,3	9,4	0,6	0,7	0,0	1,6	0,0	Niedrigster Durchschnitt von 9 Analysen.
7,2	52,2	25,3	16,0	38,7	2,9	14,9	7,0	13,6	14,5	Höchster „ „ 9 „
Kartoffeln.										
—	60,9	1,7	4,6	2,4	0,9	18,3	7,0	1,9	2,7	Durchschnitt von 39 Analysen. [Wolff.
4,1	66,1	0,4	3,9	1,4	0,7	18,7	3,3	0,8	5,5	„ „ 7 „ von Schulz-Fleeth und 1 von
3,7	62,5	—	4,8	1,8	0,5	17,7	8,8	2,7	1,6	„ „ 8 „ „ Metzdoff.
—	46,0	8,6	3,6	4,0	3,9	23,6	5,0	4,2	1,4	„ „ 3 „ „ Walz.
4,1	67,6	0,3	4,7	3,6	0,0	17,6	5,8	0,0	0,3	„ „ 5 „ „ Herapath.
—	53,9	2,0	4,9	2,0	1,0	23,6	10,2	1,7	1,5	„ „ 4 „ „ Bretschneider.
—	59,5	2,2	5,1	4,0	1,3	18,5	3,0	2,8	3,9	„ „ 3 „ „ Way & Ogston.
4,6	60,2	2,4	4,9	2,1	0,6	14,9	9,5	2,2	3,3	„ „ 8 „ „ Anderen *).
2,6	42,9	0,0	2,5	0,5	0,0	11,2	0,4	0,0	0,0	Niedrigster Durchschnitt von 39 Analysen.
8,0	73,6	12,8	6,6	6,2	6,0	27,1	18,0	6,5	8,7	Höchster „ „ 39 „
4,5	64,8	1,4	4,3	2,0	1,9	16,8	4,7	1,4	3,4	Durchschnitt von 4 neuen Analysen von Heiden.
Zuckerrüben.										
—	48,0	10,4	9,5	6,4	1,0	14,4	4,7	3,8	2,3	Durchschnitt von 40 Analysen.
4,1	51,2	10,0	9,1	5,8	0,8	13,6	4,4	3,5	2,6	„ „ 13 „ von Ritthausen.
4,8	46,9	9,5	0,2	6,3	1,2	15,9	5,4	3,3	3,1	„ „ 11 „ „ Bretschneider. [berg.
4,2	45,4	12,3	10,2	6,9	1,0	14,0	4,4	4,6	1,0	„ „ 14 „ „ Bretschneider u. Küllen-
5,2	50,9	5,8	6,7	9,8	1,1	16,3	4,0	3,4	1,9	Hoffmann.
2,9	51,8	6,7	7,5	7,0	2,2	12,9	2,8	3,2	5,9	Karmrodt.
2,9	22,0	5,1	4,5	3,9	0,3	10,2	2,1	1,6	0,5	Niedrigster Durchschnitt von 40 Analysen.
6,0	58,9	29,8	13,8	23,3	2,2	18,5	8,9	9,0	10,8	Höchster „ „ 40 „

*) Moser, Fromberg, Boussingault, Cameron, John, Griepenkerl.

Procent der Asche	Kali	Natron	Magnesia	Kalk	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor	
Futterrunkeln.										
—	46,6	18,4	4,8	5,9	0,8	8,3	3,7	4,0	9,9	Durchschnitt von 12 Analysen.
9,5	30,2	35,6	2,6	2,4	0,7	3,8	4,1	3,2	21,3	" " 3 " von Way & Ogston.
5,3	51,4	15,1	6,4	5,3	0,6	10,7	3,1	2,7	5,0	" " 3 " " Ritthausen.
—	57,6	6,3	3,9	5,5	1,0	13,0	2,9	5,1	4,9	" " 2 " " Wolff.
8,1	49,9	13,9	5,8	9,3	0,9	7,4	4,2	5,1	7,6	" " 4 " " Anderen *).
2,8	25,2	5,2	2,1	2,2	0,0	1,9	2,1	0,2	2,0	Niedrigster Durchschnitt von 12 Analysen.
11,3	59,2	38,9	12,1	20,2	3,1	13,1	12,3	9,6	34,8	Höchster " " 12 "
Gelbrüben.										
7,5	37,0	20,7	5,2	10,9	1,0	11,2	6,9	2,0	4,9	Durchschnitt von 10 Analysen.
6,6	39,1	20,4	4,8	10,7	1,3	10,3	7,9	1,4	4,8	" " 5 " von Way & Ogston.
8,3	35,0	21,0	5,6	11,0	0,6	12,1	5,8	2,5	4,9	" " 5 " " Anderen **).
5,1	17,0	10,1	1,3	6,6	0,0	8,2	3,3	0,9	2,1	Niedrigster Durchschnitt von 5 Analysen.
10,9	50,9	34,8	9,1	16,5	2,0	15,0	11,7	4,8	6,4	Höchster " " 5 "
Turnips.										
8,1	48,6	8,7	2,6	12,1	0,4	10,6	12,3	0,7	5,1	Durchschnitt von 43 Analysen.
10,8	46,2	9,6	4,4	9,0	1,2	14,3	11,4	1,6	3,0	" " 6 " von Wunder.
11,8	43,7	12,4	4,7	10,0	0,8	10,2	12,1	0,9	6,5	" " 5 " " Anderson.
7,5	38,3	13,7	2,9	11,3	0,5	11,2	14,7	2,0	5,5	" " 6 " " Way & Ogston.
6,9	52,7	6,4	1,7	13,3	0,0	9,2	12,4	0,0	5,1	" " 24 " " Gilbert.
7,2	50,6	3,9	2,0	13,9	0,4	16,4	6,3	1,2	7,0	" " 2 " " Anderen †).
6,0	26,3	0,0	1,7	5,5	0,0	6,8	2,6	0,0	1,5	Niedrigster Durchschnitt von 19 Analysen.
20,9	58,3	20,5	6,4	16,2	1,8	16,9	17,9	3,5	12,8	Höchster " " 19 "
Blätter von Futterrunkeln.										
—	25,1	20,5	10,4	9,8	1,2	5,4	7,2	3,3	17,6	Durchschnitt von 4 Analysen.
17,0	22,6	23,0	9,2	9,2	1,0	5,5	6,2	2,1	21,8	" " 3 " von Way & Ogston.
21,8	32,7	13,1	13,9	11,3	1,6	5,0	10,1	6,8	5,1	Analyse von Wolff.
14,0	9,0	13,1	7,5	8,7	0,5	4,7	4,9	1,4	5,1	Niedrigster Durchschnitt von 4 Analysen.
21,8	32,7	23,9	13,9	11,3	1,6	6,4	10,1	6,8	24,6	Höchster " " 4 "

*) Etti, Griepenkerl, Herapath, Boussingault. **) Bretschneider, Richardson, Fromberg (2), Herapath. †) Herapath, Stammer.

Aschenzusammensetzung einiger landwirthschaftlichen Pflanzen und Producte.

(So geordnet, um die Grenzen der Schwankungen zu zeigen.)

Procent der Asche	Kali	Natron	Magnesia	Kalk	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor	
Blätter von Zuckerrüben.										
22,0	22,3	18,8	16,2	19,7	1,3	7,6	6,5	3,5	4,7	Durchschnitt von 4 Analysen *).
16,3	15,2	12,9	11,0	17,8	0,7	5,4	4,6	1,5	2,8	Niedrigster Durchschnitt von 4 Analysen.
29,2	27,2	31,2	19,2	23,2	2,3	9,2	8,3	5,6	7,2	Höchster " " 4 "
Gelbrübenblätter.										
—	17,0	19,8	5,0	32,7	2,0	3,1	8,4	3,7	10,2	Durchschnitt von 6 Analysen.
18,2	8,7	22,2	3,6	39,7	2,9	2,0	7,3	5,5	9,3	" " 3 " von Way & Ogston.
15,5	25,3	17,3	6,4	25,7	1,1	4,2	9,5	1,9	11,0	" " 3 " " Anderen **).
15,0	7,7	10,9	3,0	23,1	0,6	1,4	6,9	1,6	2,7	Niedrigster Durchschnitt von 6 Analysen.
21,3	30,9	29,0	7,5	41,8	4,9	6,4	11,1	8,8	16,2	Höchster " " 6 "
Turnipsblätter.										
10,9	28,1	6,0	2,5	34,8	0,8	6,7	13,3	1,5	8,7	Durchschnitt von 36 Analysen.
13,0	21,0	12,4	3,2	32,4	1,9	7,2	9,6	4,6	13,5	" " 6 " von Way & Ogston.
15,3	25,2	6,1	5,0	32,8	3,3	9,1	8,5	4,0	7,6	" " 4 " " Wunder.
9,4	30,5	4,2	1,0	37,0	0,0	6,1	15,2	0,0	7,8	" " 24 " " Campbell.
16,3	27,6	7,9	12,7	20,0	1,6	7,6	10,7	6,0	7,6	" " 2 " " Anderen †).
9,5	12,1	4,0	1,0	7,9	0,0	2,0	5,0	0,0	2,5	Niedrigster Durchschnitt von 12 Analysen.
19,7	37,2	19,9	16,1	39,6	5,5	15,1	16,3	9,5	18,9	Höchster " " 12 "
Baumwollenstengel.										
—	33,7	—	8,1	42,1	0,6	12,6	1,8	—	1,1	J. Lawrence Smith. Report to Black Oak Ag'l Soc. 1846.
3,1	29,6	—	3,7	24,3	—	34,9	3,5	3,2	0,7	O. Judd. Proceedings Am. Assoc. of Science, 1852, p. 219.
—	29,4	1,7	6,9	23,3	9,5	18,3	1,7	8,6	0,5	T. J. Summer. Proceedings Philadelphia Acad., Dec., 1852.
Baumwollensamen.										
3,8	27,8	2,7	10,6	10,9	3,3	35,4	3,2	Spur	4,8	T. J. Summer. Analyse unvollständig.
4,0	36,0	1,1	14,2	6,2	0,6	37,2	4,1	Spur	0,5	Higgins & Bickell. Turner's Cotton Planter's Manual, p. 207.
Baumwollenfaser.										
1,3	41,8	6,1	11,2	19,8	2,4	6,4	4,2	0,3	7,8	Higgins & Bickell, (loc. cit.)

*) Hoffmann, Eylerts, Bretschneider (2). **) Fromberg (2), Bretschneider. †) Ramur, Anderson.

Die Zusammensetzung der Asche einer Anzahl gewöhnlicher Feldfrüchte ist abgekürzter in der folgenden allgemeinen Uebersicht gegeben.

	Alkalien	Magnesia	Kalk	Phosphorsäure	Kieselsäure	Schwefelsäure	Chlor
Körnerfrüchte:							
Körner*) .	30	12	3	46	2	2,5	1
Stroh . .	13—27	3	7	5	50—70	2,5	2
Leguminosen:							
Körner . . .	44	7	5	35	1	4	2
Stroh . .	27—41	7	25—39	8	5	2—6	6—7
Knollenfrüchte:							
Wurzeln . .	60	3—9	6—12	8—18	1—4	5—12	3—9
Kraut . . .	37	3—16	10—35	3—8	3	6—13	5—17
Gräser:							
In Blüthe .	33	4	8	8	35	4	5

3) Verschiedene Theile einer Pflanze zeigen große Unterschiede in ihrer Aschenzusammensetzung. Diese Thatsache zeigt sich klar bei einer Vergleichung obiger Zahlen, sie tritt aber noch deutlicher hervor durch die Analysen der Einzeltheile einer reifen Haferpflanze von Arendt 1 bis 6 (Die Haferpflanze, S. 107) und Norton 7 bis 9 (Ann. Journ. Soc., 2. Ser., 3, 318).

	1 Unterer Halm	2 Mittlerer Halm	3 Oberer Halm	4 Untere Blätter	5 Obere Blätter	6 Aehrchen	7 Spreu	8 Hülse	9 Korn enthülst
Kali	81,2	68,3	55,9	36,9	24,8	13,0	10,6 (Kali und Natron)	12,4	31,7
Natron	0,4	1,5	1,0	0,9	0,4	0,1			
Magnesia . . .	2,1	3,6	3,9	3,8	3,9	8,9	11,2 (Magnesia bis Phosphorsäure)	2,3	8,6
Kalk	3,6	5,3	8,6	16,7	17,2	7,3		4,3	5,3
Eisenoxyd . .	1,0	0,0	0,2	2,7	0,5	Spur		0,3	0,8
Phosphorsäure	2,7	1,4	2,7	1,7	1,5	36,5		0,6	49,1
Schwefelsäure	0,0	1,3	1,1	3,2	7,5	4,9	5,3	4,3	0,0
Kieselsäure . .	4,1	9,3	20,4	34,0	41,8	26,0	68,0	74,1	1,8
Chlor	8,6	11,7	7,4	1,6	2,4	3,8	3,1	1,4	0,2

*) Ohne Hülse.

Wenn sich auch die Resultate von Arendt und Norton nicht in jeder Hinsicht streng vergleichen lassen, weil sie nach verschiedenen Methoden erhalten wurden, so dienen sie doch sehr wohl, die in Frage stehende Thatsache zu entscheiden.

Wir sehen aus diesen Zahlen, daß die Asche der unteren Halme vorzugweise aus Kali (81 Procent) besteht. Dieses Alkali waltet in dem Halme vor, nur in den oberen Theilen, wo der Halm nicht durch Blätter und Scheide bedeckt ist, kommt Kieselsäure und Kalk in großer Menge vor. In der Asche der Blätter sind Kieselsäure, Kali und Kalk die Hauptbestandtheile. In der Spreu und Hülse bildet Kieselsäure dreiviertel Theile der Asche, während in dem Korn Phosphorsäure als der charakteristische Bestandtheil erscheint, indem wir sie hier in Verbindung mit einer ansehnlichen Menge Kali (32 Procent) und einem beträchtlichen Theil Magnesia finden. Chlor erlangt sein Maximum (11,7 Procent) in dem mittleren Halm, im Korn ist es nur in geringer Menge; während Schwefelsäure in dem unteren Halm vollständig fehlt, ist sie reichlich in den oberen Blättern enthalten.

Die ungleiche Vertheilung der Aschenbestandtheile zeigt sich auch bei der Zuckerrübe, welche von Bretschneider (Hoff, Jahresbericht 4, 89) untersucht wurde. Dieser Untersucher theilte die Blätter von sechs Zuckerrüben in fünf Reihen oder Kreise, indem er von den äußeren älteren Blättern nach innen vorschritt. Er untersuchte jede Reihe für sich mit folgenden Resultaten:

	I	II	III	IV	V
Kali	18,7	25,9	32,8	37,4	50,3
Natron	15,2	14,4	15,8	15,8	11,1
Chlornatrium . .	5,8	6,4	5,8	6,0	6,5
Kalk	24,2	19,2	18,2	15,8	4,7
Magnesia	24,5	22,3	13,0	8,9	6,7
Eisenoxyd	1,4	0,5	0,6	0,6	0,5
Phosphorsäure . .	3,3	4,8	8,4	8,4	12,7
Schwefelsäure . .	5,4	5,6	5,6	5,2	5,9
Kieselsäure	1,5	0,8	2,7	2,1	1,5

Aus diesen Zahlen sehen wir, daß in der Asche der Blätter von Zuckerrüben das Kali und die Phosphorsäure sich regelmäßig und rasch, im Verhältniß zu den anderen Bestandtheilen, von außen nach innen vermehren, während Kalk und Magnesia in gleicher Richtung sich rasch vermindern. Die Procente der anderen Bestandtheile, nämlich Natron, Chlor, Eisenoxyd, Schwefelsäure und Kieselsäure, bleiben beinahe unverändert bei allen gleich.

Eine andere Bestätigung ist durch die folgenden Aschenanalysen verschiedener Theile des Roßkastanienbaumes von Wolf (Ackerbau, 2. Aufl., 134) geliefert.

	Rinde	Holz	Blattstiele	Blätter	Blüthenstiele	Kelchtheile
Kali	12,1	25,7	46,2	27,9	63,6	61,7
Kalk	76,8	42,9	21,7	29,3	9,3	12,3
Magnesia . , .	1,7	5,0	3,0	2,6	1,3	5,9
Schwefelsäure	Spur	Spur	3,8	9,1	3,5	Spur
Phosphorsäure	6,0	19,2	14,8	22,4	17,1	16,6
Kieselsäure . .	1,1	2,6	1,0	4,9	0,7	1,7
Chlor	2,8	6,1	12,2	5,1	4,7	2,4

				Reife Frucht		
	Staubfäden	Blumenblätter	Unreifer Kern	Kern	Grüne Schale	Braune Schale
Kali	60,7	61,2	58,7	61,7	75,9	54,6
Kalk	13,8	13,6	9,8	11,5	8,6	16,4
Magnesia . . .	3,1	3,8	2,4	0,6	1,1	2,4
Schwefelsäure	Spur	Spur	3,7	1,7	1,0	3,6
Phosphorsäure	19,5	17,0	20,8	22,8	5,3	18,6
Kieselsäure . .	0,7	1,5	0,9	0,2	0,6	0,8
Chlor	2,8	3,8	4,8	2,0	7,6	5,2

4) *Aehnliche Pflanzenarten und besonders dieselben Theile ähnlicher Pflanzen zeigen eine nahe allgemeine Uebereinstimmung in ihrer Aschenzusammensetzung, während Pflanzen, die in ihrem botanischen Charakter ungleich sind, auch ungleich in den Verhältnissen ihrer unverbrennlichen Bestandtheile sind.*

Die drei Pflanzen Weizen, Roggen und Mais gehören, botanisch gesprochen, zu derselben Ordnung der Gräser, und die reifen Körner liefern in der Zusammensetzung beinahe gleiche Aschen. Gerste und Hafer sind gleichfalls Gramineen, und ihre Samen sollten Aschen von gleicher Zusammensetzung liefern. Daß dies nicht der Fall ist, liegt darin, daß die Körner von Gerste und Hafer, unähnlich dem Weizen, Roggen und dem Mais, dicht in eine Hülse eingeschlossen sind, welche, wie gewöhnlich gesehen, einen Theil des Samens bildet. Die Hülse liefert eine an Kieselsäure reiche Asche, und wir können daher Gerste und Hafer eigentlich nur mit Weizen und Roggen vergleichen, wenn die ersteren enthülst sind. Es giebt von beiden, Gerste und Hafer, Varietäten, deren Hülsen sich vom Samen trennen — sogenannter nackter oder schalloser Hafer und nackte oder schallose Gerste — und die Asche dieser Körner stimmt in der Zusammensetzung beinahe ganz mit Mais, Weizen und Roggen überein, was man auf der folgenden Tafel sieht.

	Weizen. Durchschnitt von 97 Analysen	Roggen. Durchschnitt von 21 Analysen	Mais. Durchschnitt von 7 Analysen	Nackter Hafer. Analyse von Fr. Schulze	Nackte Gerste. Analyse von Fr. Schulze
Kali	31,3	28,8	27,7	33,3	35,9
Natron	3,2	4,3	4,0	—	1,0
Magnesia . . .	12,3	11,6	15,0	11,8	13,7
Kalk	3,2	3,9	1,9	3,6	2,9
Eisenoxyd . .	0,7	0,8	1,0	0,8	0,7
Phosphorsäure	46,1	45,6	47,1	46,9	45,0
Schwefelsäure	1,2	1,9	1,7	—	—
Kieselsäure . .	1,9	2,6	2,1	2,4	0,7
Chlor	0,2	0,7	0,1	—	—

In Beziehung auf die Tafel S. 164 wird man bemerken, daß die Erbsen- und Bohnenkörner zusammen mit der

verwandten Wicke und Linse (s. Anhang) auch nahe in der Aschenzusammensetzung übereinstimmen.

Ebenso bieten die Aschen von Knollenfrüchten, Turnips, Gelbrüben und Runkeln eine allgemeine Aehnlichkeit, wie man in der Zusammenstellung S. 167 sieht.

Die Samen der Oelfrüchte bilden gleichfalls eine Gruppe, deren Glieder in dieser Richtung übereinstimmen.

5) Die Asche derselben Pflanzenspecies ist mehr oder weniger in ihrer Zusammensetzung, je nach Umständen, verschieden.

Die Bedingungen, die wir bereits genannt haben, die das Verhältniß der Asche beeinflussen, sind im Allgemeinen dieselben, welche auf ihre Qualität einwirken. Von diesen wollen wir besonders nennen:

a) Die Stufe des Wachsthums, auf der die Pflanze steht;
b) die Stärke ihrer Entwicklung;
c) die Varietät der Pflanze oder die relative Entwicklung ihrer Theile und
d) den Boden oder die zugeführte Nahrungsmenge.

a) Die Wachsthumsstufe. Die Thatsache, daß die verschiedenen Pflanzentheile Aschen von verschiedener Zusammensetzung liefern und daß verschiedene Perioden des Wachsthums durch die Entwicklung neuer Organe bezeichnet sind, oder die ungleiche Ausbildung der bereits vorhandenen, sind hinreichende Stützen für diesen Punkt in Frage und machen es unnöthig, wiederum Analysen anzuführen. In einem folgenden Kapitel, wo wir versuchen wollen, die verschiedenen Stufen in der fortschreitenden Entwicklung der Pflanze zu verfolgen, werden zahlreiche Erläuterungen darüber gebracht werden (s. später).

b) Die Stärke der Entwicklung. Arendt (Die Haferpflanze, S. 18) wählte aus einem Haferfelde eine Anzahl von Pflanzen in Blüthe aus und theilte sie in drei Päckchen, wovon Nr. 1 aus sehr kräftigen Pflanzen, Nr. 2 aus

mittleren und Nr. 3 aus sehr schwachen Pflanzen zusammengesetzt waren. Er analysirte die Aschen jedes Päckchens mit folgenden Resultaten:

	1	2	3
Kieselsäure	27,6	39,9	42,0
Schwefelsäure	4,8	4,1	5,6
Phosphorsäure	8,2	8,5	8,8
Chlor	6,7	5,8	4,7
Eisenoxyd	0,4	0,5	1,0
Kalk	6,1	5,4	5,1
Magnesia, Kali, Natron .	45,3	34,3	30,4

Wir bemerken hier, daß die Asche sehr schwacher Pflanzen 15 Procent weniger Alkalien und 15 Procent mehr Kieselsäure als die der starken hatten, während das Verhältniß der anderen Bestandtheile nicht viel unterschieden ist.

Zöller (Liebig, Ernährung der Vegetabilien, S. 340) untersuchte die Asche zweier Kleeproben, welche auf demselben Boden, aber unter verschiedenen Verhältnissen wuchsen; der eine Theil des Klees war von einem Baum beschattet und weniger entwickelt als der andere. Der Klee wurde sechs Wochen nach der Saat geschnitten, und die theilweise Analyse gab folgendes Resultat:

	Beschatteter Klee	Unbeschatteter Klee
Alkalien	54,9	36,2
Kalk	14,2	22,8
Kieselsäure	5,5	12,4

c) Die Varietät der Pflanze oder die relative Entwicklung ihrer Theile muß augenscheinlich die Zusammensetzung der Asche im Ganzen beeinflussen, da die Theile selbst in der Zusammensetzung verschieden sind.

Herapath (Qu. Journ. Chem. Soc. II, p. 20) untersuchte die Knollen von fünf Varietäten Kartoffeln, die auf demselben Boden und unter ganz gleichen Umständen wuchsen, mit dem folgenden Ergebniß.

	White Apple	Prince's Beauty	Axbridge Kidney	Magpie	Forty-fold
Kali	69,7	65,2	70,6	70,0	62,1
Chlornatrium	—	—	—	—	2,5
Kalk	3,0	1,8	5,0	5,0	3,3
Magnesia	6,5	5,5	5,0	2,1	3,5
Phosphorsäure	17,2	20,8	14,9	14,4	20,7
Schwefelsäure	3,6	6,0	4,3	7,5	7,9
Kieselsäure	—	—	0,2	—	—

d) Der Boden oder die Nährvorräthe, Dünger mit eingeschlossen, haben den größten Einfluß auf das wechselnde Verhältniß der Aschenbestandtheile der Pflanzen. Der Charakter des Bodens bestimmt im höchsten Grade die Stärke der Pflanze und die relative Entwicklung ihrer Theile. Bis zu einer gewissen Ausdehnung sind diese Bedingungen schon in dem Erwähnten eingeschlossen.

Es ist wohlbekannt, daß Hafer einen großen Spielraum in seinem Gewicht per Bushel hat, indem er beinahe zweimal so schwer auf reichem Boden gewachsen sein kann, wie der von sandigem und unfruchtbarem Boden genommene.

Nach der landwirthschaftlichen Statistik von Schottland im Jahre 1857 (Trans. Highland and Ag. Soc. 1857—1859, p. 213) wog der Bushel Hafer, der in einigen Districten gebaut war, 44 Pfund, während er in anderen Districten nur 35 Pfund und in einem Falle selbst nur 24 Pfund wog. Leichter Hafer hat eine dicke voluminöse Hülse und dessen Aschenanalyse giebt ein ganz verschiedenes Resultat, wie von gutem Hafer.

Herapath (Journ. Roy. of Ag. Engl. XI, p. 107) hat Analysen eines leichten Hafers von einem sandigen Boden, dessen Ertrag per Acre sechs Bushel war, und von einem schweren Hafer von demselben Boden nach Ueberschlammung, wo vierundsechzig Bushel per Acre geerntet wurden, geliefert. In 100 Theilen Asche waren:

	Leichter Hafer	Schwerer Hafer
Kali	9,8	13,1
Natron	4,6	7,2
Kalk	6,8	4,2
Phosphorsäure . . .	9,7	17,6
Kieselsäure	56,5	45,6

Wolf (Journ. für prakt. Chem. LII, S. 103) analysirte die Aschen verschiedener Pflanzen, die auf einem armen Boden mit Zugabe von verschiedenen Mineralsubstanzen gezogen waren. Der Einfluß der zugefügten Substanzen auf die Zusammensetzung der Pflanzen ist sehr auffallend. Die folgenden Zahlen geben die Aschenzusammensetzung von Buchweizenstroh, welches auf dem ungedüngten Boden und auf demselben Boden mit Zugabe der unten bezeichneten Substanzen gewachsen war.

	1 Ungedüngt	2 Chlornatrium	3 Salpetersaures Kali	4 Kohlensaures Kali	5 Schwefelsaure Magnesia	6 Kohlensaurer Kalk
Kali	31,7	21,6	39,6	40,5	28,2	23,9
Chlorkalium . .	7,4	26,9	0,8	3,1	6,9	9,7
Chlornatrium .	4,6	3,0	3,2	3,8	3,4	1,7
Kalk	15,7	14,0	12,8	11,6	14,1	18,6
Magnesia . . .	1,7	1,9	3,3	1,4	4,7	4,2
Schwefelsäure .	4,7	2,8	2,7	4,3	7,1	3,5
Phosphorsäure	10,3	9,5	6,5	8,9	10,9	10,0
Kohlensäure . .	20,4	16,1	27,1	22,2	20,0	23,2
Kieselsäure . . .	3,6	4,2	4,2	4,2	4,8	5,2
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Man sieht aus diesen Zahlen, daß die in dem Versuch angewendeten Salzgaben einen deutlichen Einfluß geübt haben. Im Allgemeinen findet man die zugefügte Substanz oder wenigstens einen ihrer Bestandtheile in vermehrter Menge in der Pflanze.

In 2 ist Chlor aber nicht Natron, in 3 und 4 Kali, in 5

Schwefelsäure und Magnesia und in 6 Kalk in größerer Menge gegenwärtig, als in der ungedüngten Pflanze.

6) Was ist die normale Aschenzusammensetzung einer Pflanze? Aus den vorausgeschickten Thatsachen und Betrachtungen geht klar hervor, daß es eine Sache von großer Schwierigkeit und Unsicherheit ist, die normale Zusammensetzung der Asche einer Pflanze festzustellen, oder mit anderen Worten, die Aschenbestandtheile und ihr richtiges Verhältniß für jeden Pflanzentheil einer bestimmten Species, zu ermitteln.

Das Beste, was wir thun können, ist, den Durchschnitt einer großen Anzahl zuverlässiger Analysen als den annähernden Ausdruck der Aschenzusammensetzung anzunehmen. Selbst von diesen Angaben sind wir indessen nicht im Stande zu entscheiden, was die absolut nothwendigen und was die rein zufälligen Bestandtheile sind, oder welche Menge eines gegebenen Bestandtheils unentbehrlich und bis zu welchem Umfang er zufällig oder überflüssig ist. Wolf, der zuerst angenommen zu haben scheint, daß ein Theil der Asche der Pflanzen nur zufällig sein könnte, versuchte der Lösung dieser Frage näher zu kommen, indem er Aschen derselben Pflanzen, die unter sonst gleichen Umständen gezogen wurden, nur mit dem Unterschiede, daß sie ungleiche Mengen leicht aufnehmbarer Aschenbestandtheile erhielten, mit einander verglich. Die Analysen der oben angeführten Buchweizenstrohaschen sind dieser Untersuchung entnommen.

Wolf zeigte, daß bei Annahme des Vorhandenseins eines bestimmten Ueberschusses gewisser Bestandtheile in jeder Probe des Buchweizenstrohes, wenn man diesen Ueberschuß von der Gesammtasche abzieht, die zurückbleibenden Bestandtheile in ihren Verhältnissen nahe mit denen übereinstimmen, welche man in den Pflanzen beobachtete, die auf dem ungedüngten Felde gewachsen waren. Die eben angeführte Analyse (S. 176)

ist hier in dieser Weise corrigirt, indem man einen bestimmten Procentsatz der Bestandtheile, welche in jedem Versuche der Pflanze als Dünger gegeben waren, abzog. Die Nummern der Analysen entsprechen denen auf Seite 176.

Nach Abzug von	1 nichts	2 20 Proc. Chlorkalium	3 20 Proc. salpetersaures Kali	4 25 Proc. kohlensaures Kali	5 8,5 Proc. schwefelsaure Magnesia	6 16,6 Proc. kohlensaurer Kalk und Magnesia
Kali	31,7	27,0	32,5	33,5	30,6	28,0
Chlorkalium . .	7,4	9,1	1,0	3,9	7,4	11,3
Chlornatrium .	4,6	3,8	4,0	4,7	3,7	1,9
Kalk	15,7	17,3	16,0	14,5	15,3	14,6
Magnesia . . .	1,7	2,4	4,1	1,7	2,3	2,9
Schwefelsäure .	4,7	3,5	3,4	5,4	2,1	4,1
Phosphorsäure	10,3	11,7	8,1	11,2	11,8	11,7
Kohlensäure . .	20,4	20,1	25,9	19,8	21,6	19,3
Kieselsäure . . .	3,6	5,2	5,2	5,3	5,2	6,1
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Die Uebereinstimmung der obigen „corrigirten" Analysen ist schon einigermaßen nahe und könnte durch weitere Correctionen noch größer sein, wenn die am meisten schwankenden Bestandtheile, Chlor und Schwefelsäure, in ein annähernd richtiges Verhältniß gebracht und dann die Analysen umgerechnet würden.

Wir haben indessen vor allen Dingen aber gar keine Gewißheit, daß der ganze angenommene „Ueberschuß" von Chlorkalium, kohlensaurem Kali ꝛc., wie er in den betreffenden Analysen abgezogen ist, überhaupt zufällig und unnöthig für die Pflanze war, denn unter dem Einfluß einer vermehrten Menge Nährstoffe konnte die Pflanze nicht nur mechanisch mehr enthalten, sondern wird auch chemisch mehr in dem Vegetationsproceß verwenden.

Es ist entschieden nachgewiesen, daß Pflanzen, welche unter dem Einfluß einer starken Gabe stickstoffhaltigen Dün-

gers gewachsen sind, ein vergrößertes Verhältniß von Stickstoff in wirklich assimilirtem Zustande als Albumin oder Kleber zc. enthalten haben. Es ist gar kein Grund vorhanden, dasselbe nicht auch von den verschiedenen Aschenbestandtheilen gelten zu lassen.

In zweiter Linie können wir in keinem Falle sagen, ob denn die Minimalquantität einer der für das Wachsthum nöthigen Substanzen gegenwärtig ist, und nicht mehr.

Es muß ferner bemerkt werden, daß man diese großen Schwankungen nur findet, wenn man Pflanzen mit einander vergleicht, die auf armem Boden, das ist auf einem solchen, der verhältnißmäßig arm an einem oder mehreren Nährbestandtheilen ist, gewachsen sind.

Wenn ein fruchtbarer Boden zu diesen Versuchen, um den Buchweizen zu ziehen, verwendet worden wäre, würden wir ohne Zweifel ein sehr verschiedenes Resultat erhalten haben.

Im Jahre 1859 hat Metzdorf (Wilda's Centralblatt, 1862, 2, S. 367) die Aschen von 8 Proben rother Zwiebelkartoffeln, die in Schlesien auf demselben Felde, aber verschieden gedüngt, gewachsen waren, untersucht.

Ohne die Analyse wiederzugeben, wollen wir einige der auffallendsten Resultate anführen. Die extremsten Schwankungen im Kali betrugen 5 Procent. Die Asche, welche die größte Menge Kali enthielt, rührte indessen nicht von einer Kartoffel her, die mit 50 Pfund dieser Substanz gedüngt war, sondern aus einer Parcelle, die eine Quantität Poudrette, welche weniger wie 3 Pfund Kali enthielt, erhalten hatte.

Verhältnißmäßig am reichsten an Kalk, Phosphorsäure und Schwefelsäure waren die ungedüngten Kartoffeln, obgleich verschiedene Versuchsparcellen reichlich mit Dünger versehen

waren, die beträchtliche Quantitäten dieser Stoffe enthielten. Diese Thatsachen sind in Bezug auf die Theorie von der Wirkung der Düngemittel von großem Interesse.

7) Bis zu welchem Umfang ist jeder Aschenbestandtheil wesentlich, und wie weit ist er zufällig? Bevor die Kunst der chemischen Analyse zu großer Vollendung gediehen war, glaubten viele Männer der Wissenschaft, daß die Aschen der Pflanzen entweder zum Wachsthum unwesentlich wären, oder daß sie, Producte des Wachsthums, durch die Pflanzen selbst erzeugt worden wären.

Da die Substanzen, die man in den Pflanzen gefunden, überall über die Oberfläche der Erde verbreitet und ohne Unterschied in allen Böden gegenwärtig sind, so ist es nicht möglich, durch die Analyse der Asche von Pflanzen, die unter natürlichen Verhältnissen gewachsen sind, zu entscheiden, ob einer oder mehrere ihrer Bestandtheile zum vegetativen Leben unentbehrlich sind. Für diesen Zweck ist es nothwendig, besondere Versuche anzustellen, und diese sind mit großer Sorgfalt durchgeführt worden, wenn auch nicht mit Resultaten, die in jeder Hinsicht befriedigend sind.

Versuche in künstlichem Boden. Der Fürst Salm-Horstmar ist ein sehr fleißiger Forscher auf diesem Gebiete gewesen. Sein Versuchsplan war folgender: Die Samen einer Pflanze wurden in ein bodenähnliches Medium (Zuckerkohle, pulverisirten Quarz, gereinigten Sand) gelegt, welches so sorgfältig als möglich von dem Stoff befreit worden war, dessen besonderer Einfluß auf das Wachsthum den Gegenstand des Studiums bildete. Alle anderen nöthig erachteten Salze wurden zugesetzt und alle äußeren Wachsthumsbedingungen (Licht, Wärme, Feuchtigkeit &c.) wurden gegeben.

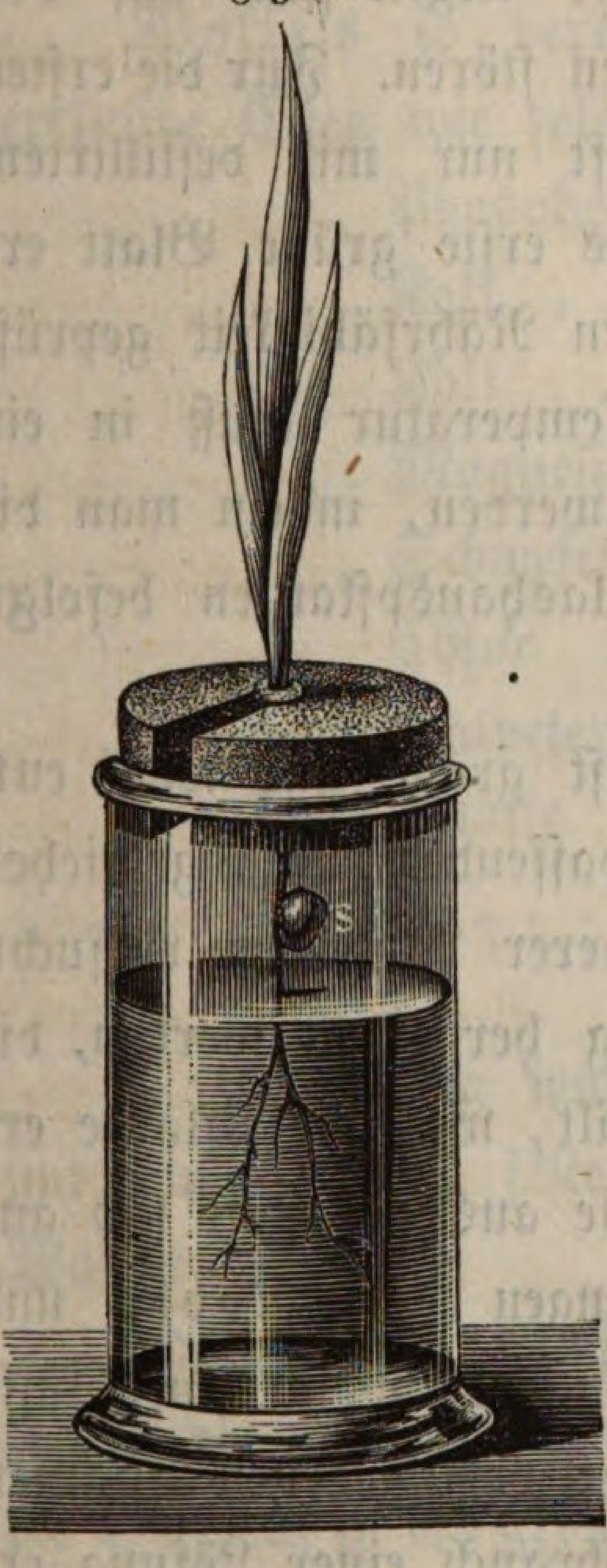
Es wurden die Resultate von 195 so gemachten Versuchen mit Hafer, Weizen, Gerste und Raps, die dem Einfluß einer großen Anzahl verschiedener künstlichen Mischungen unter-

worfen worden sind, beschrieben; die wichtigsten werden in kurzem gegeben werden.

Versuche in Lösungen — Wasserculturen. Sachs, Knop, Stohmann, Nobbe, Siegert und Andere haben ebenfalls diesen Gegenstand studirt. Ihre Methode war dieselbe wie bei Fürst Salm-Horstmar, ausgenommen daß man die Pflanzen unabhängig von dem Boden keimen und wachsen ließ, indem man während des Versuches ihre Wurzeln in Wasser eingetaucht hielt, welches die Substanzen, deren Wirkung man beobachten wollte, in Lösung oder Vertheilung empfing.

Die Wasserkultur hat neuerdings so viel zur Erkenntniß der Bedingungen des Pflanzenwachsthums beigetragen, daß es an dieser Stelle passend erscheint, etwas über die Art der Ausführung zu sagen. Man läßt eine Anzahl Samen einer Pflanze, mit der man experimentiren will, in feuchter Baumwolle oder grobem Sand keimen; haben die Wurzeln eine Länge von einem oder zwei Zoll erreicht, so wählt man den stärksten Keimling und befestigt denselben so, daß die Wurzel in Wasser eingetaucht ist, während der Same selbst gerade über der Oberfläche des Wassers sich befindet.

Fig. 22.



Für diesen Zweck, für eine einzelne Maispflanze z. B. nehme man einen Liter-Cylinder oder Flasche mit weiter Oeffnung, welche mit einem Kork, wie in Fig. 22, versehen ist. Man mache einen senkrechten Einschnitt bis in den Mittelpunkt und befestige den Stengel des Keimlings durch Packung mit Baumwolle. Der Kork dient so als Stützpunkt für die Pflanze. Man fülle

das Gefäß soweit mit destillirtem Wasser, daß, wenn der Kork eingesteckt ist, der Same *S* ein wenig über der Flüssigkeit steht. Wenn das Endosperm oder die Keimblätter ins Wasser tauchen, so werden dieselben rasch schimmelig und faulen; sie erfordern indessen eine feuchte Atmosphäre. So hergerichtet ist eine passende Temperatur, Ventilation und Licht allein erforderlich, das Wachsthum so lange zu unterhalten, bis die Nährstoffe des Samens beinahe erschöpft sind. In Bezug auf Licht sollte dieses für die Blätter so reichlich wie möglich sein, die Wurzeln sollten aber davor durch das Einschlagen des Gefäßes in schwarzes Papier geschützt sein, indem sonst mit der Zeit winzig kleine parasitische Algen sich auf den Wurzeln entwickeln und ihre Functionen stören. Für die ersten Tage können die Wurzeln vortheilhaft nur mit destillirtem Wasser umgeben sein; wenn aber das erste grüne Blatt erscheint, sollten sie in die Lösung, deren Nährfähigkeit geprüft werden soll, gesetzt werden. Die Temperatur muß in ein richtiges Verhältniß zum Licht gesetzt werden, indem man die geschickte Behandlung, die man bei Glashauspflanzen befolgt, nachahmt.

Der Versuchsansteller muß zuerst große und wohl entwickelte Pflanzen mit Hülfe einer passenden Lösung ziehen lernen, bevor er die Erforschung anderer Aufgaben versucht. Für diesen Zweck muß eine Mischung hergestellt werden, die alles in geeigneten Verhältnissen enthält, was die Pflanze erfordert, mit Ausnahme dessen, was sie aus der Luft sich aneignen kann. Die neuesten Erfahrungen von Nobbe und Siegert, Wolff und Anderen geben werthvolle Aufschlüsse über diesen Punkt. Prof. Wolff hat bei verschiedenen Pflanzen auffallend günstige Resultate beim Gebrauch einer Lösung erhalten, die im Wesentlichen folgendermaßen bereitet wurde.

Man giebt 20 Gramm feines Pulver von wohlgebrannten Knochen mit $\frac{1}{4}$ Liter Wasser in eine große Glasflasche, erhitzt

zum Kochen und fügt vorsichtig Salpetersäure hinzu, nicht mehr als gerade zum Auflösen der Knochenasche nöthig ist. Um jeden schädlichen Ueberschuß von Salpetersäure zu entfernen, schüttet man eine Lösung von kohlensaurem Kali in die heiße Flüssigkeit, bis eine leichte dauernde Trübung entsteht; dann fügt man 11 Gramm salpetersaures Kali, 7 Gramm krystallisirte schwefelsaure Magnesia und 3 Gramm Chlorkalium mit soviel Wasser hinzu, daß die Lösung einen Liter ausmacht. Man mischt 30 C. C. dieser Flüssigkeit mit einem Liter Wasser und einem einzigen Tropfen einer starken schwefelsauren Eisenlösung, und nimmt diese verdünnte Lösung, um die Pflanze zu nähren.

Wolff's so bereitete Lösung enthält in 1000 Theilen exclusive Eisen wie folgt:

Phosphorsäure	8,234	
Kalk	10,370	
Kali	9,123	
Magnesia	1,403	
Schwefelsäure	2,254	
Chlor	0,885	
Salpetersäure	29,703	
Feste Stoffe		61,972
Wasser		938,028
		1000.

Diese Lösung wurde zu einer Flüssigkeit verdünnt, die nur einen Theil feste Stoffe auf 1000 bis 2000 Theile Wasser enthält.

Die Lösung muß jede Woche gewechselt werden, und sobald die Pflanzen einen größeren Umfang erreichen, müssen die Wurzeln in ein größeres Gefäß gebracht werden, welches mit einer Lösung von gleicher Stärke gefüllt ist. Es ist nothwendig, daß das Wasser, welches aus dem Glasgefäß durch Verdunstung und durch Transspiration der Pflanzen verloren

wird, täglich oder noch öfters durch Nachfüllen reinen Wassers bis zum ursprünglichen Standpunkt ersetzt wird.

Die Lösung, deren Darstellung beschrieben wurde, kann durch die Abscheidung von etwas schwefelsaurem Kalk vor der letzten Verdünnung, wie auch von einem Niederschlag von phosphorsaurem Eisen, bei der Zufügung von schwefelsaurem Eisenoxydul getrübt sein. Der erste Niederschlag kann wieder gelöst werden, obgleich es nicht nöthig ist; der letztere löst sich nicht und sollte von Zeit zu Zeit in der Flüssigkeit aufgerührt werden. Wenn die Pflanze halb erwachsen ist, bleibt ein weiterer Zusatz von Eisen überflüssig.

Auf diese Weise und mit dieser Lösung producirte Wolff eine Maispflanze von 5¾ Fuß Höhe, die in jeder Richtung in Bezug auf Gestalt den Pflanzen aus demselben Samen, die im Feld gepflanzt waren, gleichkam. Die Kolben waren indessen nicht völlig entwickelt, als der Versuch durch das Krankwerden der Pflanze unterbrochen wurde.

Sein Erfolg bei Hafer war besser. Vier Pflanzen wurden zur Reife gebracht und hatten 46 Halme und 1535 gut entwickelte Körner. (Vers.-Stat. VIII, 190 bis 215.)

In ähnlichen Versuchen erhielt Nobbe 6 bis 7 Fuß hohe Buchweizenpflanzen, welche 300 schwere und vollkommene Samen trugen, und Gerstenpflanzen mit 20 körnertragenden Halmen. (Vers.-Stat. VII, 72.)

In Wasserculturen erleidet die Zusammensetzung der Lösung beständige Veränderungen, indem die Pflanze bis zu einem gewissen Grade eine Auswahl in den dargereichten Stoffen macht, indem sie dieselben nicht nothwendigerweise in den Verhältnissen absorbirt, wie sie ursprünglich vorhanden waren. In dieser Weise entstehen Störungen, welche das Wachsthum hindern oder demselben ein Ende machen.

In früheren Versuchen von Sachs und Knop im Jahre 1860 bemerkten diese öfters, daß ihre Lösungen plötzlich den

Geruch von Schwefelwasserstoff annahmen und sich schwarzes Schwefeleisen auf den Wurzeln bildete, in Folge dessen sie in kurzem zerstört wurden. Die Reduction eines schwefelsauren Salzes zu einem Sulphide findet nur in alkalischen Flüssigkeiten statt, und Stohmann bemerkte zuerst, daß eine saure Flüssigkeit durch die Thätigkeit einer lebenden Wurzel alkalisch werden kann. Die Pflanze hat in der That die Fähigkeit, Salze zu zerlegen, und indem sie mehr Säure aufnimmt als Basen, häufen sich die letzteren in der Lösung in freiem Zustande oder als Carbonate mit alkalischen Eigenschaften an.

Um die Reduction von Sulphaten zu verhüten, muß die Lösung schwach sauer sein, am besten ist eine Zugabe von sehr wenig freier Salpetersäure, und wenn sich die Wurzeln schwärzen, müssen sie in einer verdünnten Säure gewaschen werden, und nach dem Abspülen mit Wasser müssen sie in eine frische Lösung gebracht werden.

Andererseits zeigte Kühn, daß, wenn Chlorammonium angewendet wird, um die Maispflanze mit Stickstoff zu versehen, Ammoniak assimilirt wird, und das Chlor, welches die Pflanze nicht verwendet, häuft sich in der Form von Salzsäure in solchem Maße an, daß es für die Pflanze tödtlich wird (Henneberg's Journ. 1864, S. 116 und 135). Solche Störungen werden vermieden, wenn man ein großes Volum der Lösung anwendet und sie häufig erneuert.

Die Concentration der Lösung ist keineswegs eine gleichgültige. Während gewisse Wasserpflanzen, wie Seegewächse, naturgemäß starken Salzlösungen angepaßt sind, gedeihen landwirthschaftliche Landpflanzen selten bei Wassercultur gut, wenn die Flüssigkeit mehr wie $^{2}/_{1000}$ fester Substanz enthält, und sie wachsen noch in beträchtlich schwächeren Lösungen.

Einfaches Brunnenwasser ist oft reich genug an Pflanzennährstoffen, um die Pflanzen vollständig zu ernähren, voraus-

gesetzt, daß es häufig genug erneuert wird. Sachs' Versuche waren mit Brunnenwasser gemacht.

Birner und Lucanus zogen im Jahre 1864 (Vers.-Stat. VIII, 154) Haferpflanzen in Brunnenwasser, welche in Bezug auf ihr Gewicht mehr als halb so schwer wurden als Pflanzen, die gleichzeitig in Gartenerde wuchsen, und in Bezug auf Samenproduction den letzteren gleichkamen. Das angewendete Brunnenwasser enthielt in 100,000 Theilen:

Kali	2,10
Kalk	15,10
Magnesia	1,50
Phosphorsäure	0,16
Schwefelsäure	7,50
Salpetersäure	6,00
Kieselsäure, Chlor und Eisenoxyd	Spuren.
Feste Substanzen	32,36
Wasser	99967,64
	100,000.

Nobbe (Vers.-Stat. VIII, 337) fand, daß in einer Lösung von nur $\frac{1}{10000}$ fester Substanz, welche beständig erneuert wurde, die Gerste keinen Fortschritt über die Keimung machte, und Buchweizen, welcher zuerst rasch wuchs, bald in seiner Entwicklung aufgehalten wurde, nur wenig reife Samen und nur 1,746 Gramm Gesammttrockensubstanz lieferte.

Wenn auch die Wassercultur nicht alle normalen Wachsthumsbedingungen bietet, indem der Boden wichtige Functionen, die nicht in einem flüssigen Medium stattfinden können, ausübt, so ist sie doch eine Methode, die erlaubt, gut entwickelte Pflanzen unter Umständen zu ziehen, welche eine genaue Controle und eine große Verschiedenheit in den Lösungsverhältnissen zuläßt und deshalb von hohem Werth für die Physiologie der Pflanzen ist.

Kali, Kalk, Magnesia, Phosphorsäure und Schwefelsäure sind absolut nothwendig für das Leben landwirthschaftlicher Pflanzen, wie dies durch alle Versuche, um ihren Einfluß zu erforschen, nachgewiesen ist.

Es ist hier nicht nöthig, die Beweise für diese Thatsache, die durch die Untersuchungen von Salm-Horstmar, Sachs, Knop und Anderen (siehe besonders Birner und Lucanus, Vers.-Stat. VIII, 128 bis 161) geliefert worden sind, zu wiederholen.

Ist Natron für landwirthschaftliche Pflanzen wesentlich? Diese Frage hat zu vielen Streitigkeiten Gelegenheit gegeben. Ein Blick auf die Tafel der Aschenanalysen (S. 162 bis 168) zeigt, daß die Grenzen der Schwankungen in Betreff dieses Alkalis sehr groß sind.

Unter den älteren Analytikern fand Bichon in der Asche der Erbsen 13, in der der Bohnen 19, in der des Roggens 19, in der des Weizens 27 Procent Natron. Herapath fand 15 Procent dieser Substanz in der Weizenasche und 20 Procent in der Roggenasche. Brewer fand 13 Procent in der Maisasche. In einigen anderen Analysen von Körnerfrüchten finden wir ähnlich hohe Natrongehalte. In den meisten Analysen ist Natron indessen in viel geringeren Mengen vorhanden. Der Durchschnitt in den Körneraschen ist weniger als 3 Procent und in nicht wenigen Analysen fehlt es vollständig. In den älteren Analysen anderer Classen landwirthschaftlicher Pflanzen, besonders in den Knollenfrüchten, kommen ähnlich große Schwankungen vor.

Einige Unsicherheit besteht bei den älteren Angaben aus dem Grunde, weil die Bestimmung des Natrons bei dem gewöhnlich angewendeten Verfahren großer Ungenauigkeit unterliegen kann, besonders bei ungeübten Analytikern. Auf der einen Seite ist es nicht leicht (oder ist bis in letzter Zeit nicht leicht gewesen), geringe Spuren Natron, wenn es mit viel

Kali gemischt vorkommt, zu entdecken, noch weniger zu bestimmen, während auf der andern Seite, wenn Natron bis zu einem Procent oder mehr gegenwärtig ist, es sehr leicht zu hoch bestimmt wird. Man hat daher bezweifelt, ob der hohe Natrongehalt in den Körneraschen ganz richtig ist.

Fernerhin aber konnte es bei dem früher angewendeten Verfahren, Pflanzenaschen für die Analyse bei zu erhöhter und lang dauernder Erhitzung darzustellen, sich leicht ereignen, daß eine theilweise oder vollständige Verflüchtigung von Natron aus Material, welches es eigentlich enthalten sollte, stattfand, und wir müssen daher zweifeln, ob die älteren Analysen, in welchen Soda gar nicht erwähnt ist, überhaupt ganz zuverlässig sind.

Die späteren Analysen, besonders die von Bibra, Zöller, Arendt, Bretschneider, Ritthausen und Anderen, die wohl ausgewähltes und sorgfältig gereinigtes Material für ihre Untersuchungen angewendet haben und welche sich der verschiedenen Fehlerquellen, die solchen Analysen anhaften, bewußt waren, müssen daher bei dieser Frage zu Rath gezogen werden.

Aus diesen neuen Analysen wird man zu denselben Schlüssen geführt, zu welchen die älteren Untersuchungen berechtigen. Hier folgt eine Zusammenstellung des Spielraums der Natronprocente in den Aschen verschiedener Feldfrüchte nach den neuesten Analysen.

Asche von Weizenkörnern: keine Bibra bis zu 5 Proc. Bibra.
Kartoffeln: keine { Cameron / Metzdorff } bis zu 4 Procent Wolf.
Gerstenkörnern { 1 Proc. Bibra / 2 „ Zöller } bis zu { 6 Proc. Bibra, Veltmann. / 7 „ Zöller.
Zuckerrübe { 4,7 Proc. Ritthausen / 5,7 „ Bretschneider } bis zu { 29,8 Proc. Ritthausen. / 16,6 „ Bretschneider.
Turnips: 7,7 Proc. Anderson bis zu 17,1 Proc. Anderson.

Obgleich, wie oben gezeigt, Natron in Weizen einmal

und bei Kartoffeln in einigen Fällen nicht gefunden wurde, so ist es doch nicht sicher, ob es auch in anderen Theilen der Pflanze nicht vorhanden war; auch ist es, soviel wir wissen, nicht bewiesen, daß Natron in irgend einer Pflanze, die auf natürlichem Boden gewachsen ist, gefehlt hat.

Weinhold fand in dem Stengel und den Blättern des gemeinen Fettkrauts (Sedum telephium) mit den gewöhnlichen Mitteln keine Spur von Soda, während er in der Asche der Wurzel derselben Pflanze 1,8 Procent dieser Substanz vorfand (Vers.-Stat. IV, S. 190).

Es ist daher in obigen Fällen möglich, daß Natron wirklich in den Pflanzen vorkam, wenn auch nicht in den Theilen, die der Analyse unterworfen worden waren. Es muß daher bemerkt werden, daß in gewöhnlichen Analysen, wo Natron als abwesend angegeben ist, man einfach dabei annehmen kann, daß es in unwägbaren Mengen*), wenn überhaupt, anwesend ist, weil in Wirklichkeit Spuren in allen diesen Fällen gegenwärtig sein können.**)

Das Hauptresultat aller bisher gemachten analytischen Untersuchungen in Bezug auf cultivirte landwirthschaftliche Pflanzen ist, daß Natron ein äußerst schwankender Bestandtheil der Pflanzenaschen ist, und obgleich es gewöhnlich in einiger Menge und oft in größerem Verhältniß vorhanden ist, hat man auch beobachtet, daß es in den Körnerfrüchten und Kartoffeln in wägbaren Mengen fehlen kann.

Salm-Horstmar, Stohmann, Knop, Nobbe und

---

*) Unwägbare Quantitäten bezeichnet man mit „Spur" oder „Spuren".

**) Mit der neuentdeckten Methode der Spectralanalyse, bei welcher man $1/_{200{,}000000}$ eines Granes Natron entdecken kann, hat man gezeigt, daß dies Element so allgemein verbreitet ist, daß es beinahe unmöglich ist, etwas darzustellen und zu finden, was gänzlich frei davon ist.

Siegert haben durch einige synthetische Versuche zur Lösung dieser Frage beigetragen.

Die Untersuchungen von Salm-Horstmar waren mit der größten Sorgfalt gemacht, und es wurde besonders darauf geachtet, den Einfluß von verschiedenen Substanzen, die in äußerst geringer Menge gegeben wurden, zu ermitteln. Er giebt als Resultat von zahlreichen Versuchen an, daß für Weizen, Hafer und Gerste in den ersten Wachsthumsperioden Natron, wenn auch vortheilhaft, doch nicht absolut nöthig ist, daß aber für die volle Ausbildung der Frucht eine wahrnehmbare, wenn auch sehr geringe Menge dieser Substanz unentbehrlich ist (Versuche und Resultate über die Nahrung der Pflanzen, S. 12, 27, 29, 36).

Stohmann kam in einem einzelnen Experiment mit Mais zu demselben Schluß, daß dieser in den ersten Stadien des Wachsthums Natron entbehren kann, zu seiner vollen Entwicklung dasselbe aber nöthig hat (Henneberg, Journ. für Landwirthschaft 1862, S. 25).

Andererseits gelang es Knop, eine Maispflanze zur vollen Entwicklung aller Theile, wenn auch nicht von großem Umfang, in einer Lösung, die, wie versichert, kein Natron enthielt, zu bringen (Vers.-Stat. III, S. 301). Nobbe und Siegert kamen zu demselben Resultat bei einem ähnlichen Versuch mit Buchweizen (Vers.-Stat. IV, S. 339).

Wenn die Versuche von Knop, Nobbe und Siegert auch beweisen, daß viel Natron für Mais und Buchweizen nicht wesentlich, so ist doch nicht sichergestellt, daß Spuren von Natron unnöthig sind, weil die Lösungen, in welche die Wurzeln eingetaucht waren, Monate lang in Glasgefäßen standen, wobei es kaum fehlen konnte, daß etwas von dem Natron des Glases aufgelöst wurde. Wenn auch Unreinheit der angewendeten Substanzen, was besondere Vorsicht erfordert, vermieden war, so konnte der Same der Pflanze ursprünglich

so viel Natron enthalten haben, um den Bedarf der Pflanze in genügender Menge zu decken.

Fassen wir die Thatsachen zusammen, so scheint es,

1) daß Natron niemals vollständig in den Pflanzen fehlt, daß aber,

2) wenn unentbehrlich, doch nur unendlich geringe Mengen hinreichen;

3) daß die Blätter und saftigen Theile der Pflanze beträchtliche Mengen Natron, die für die Pflanze nicht nothwendig sind, daher nur als zufällige*) Bestandtheile enthalten können.

Kann Natron Kali ersetzen? Die große Aehnlichkeit des Kalis und des Natrons und die wechselnden Mengen, in welchen besonders das letztere sich in den Pflanzen findet, hat zu der Annahme geführt, daß diese Alkalien sich vertreten können.

Salm-Horstmar und neuerdings Knop und Schreber haben gezeigt, daß Natron nicht ganz die Rolle von Kali einnehmen kann, mit anderen Worten, daß Kali unentbehrlich für das Leben der Pflanzen ist.

Cameron schließt aus einer Reihe von Versuchen, die zu beschreiben unnöthig, daß Natron theilweise Kali ersetzen kann. Eine theilweise Ersetzung dieser Art erscheint durch viele Thatsachen bekräftigt.

So hat Herapath zwei Analysen von Spargel gemacht, die eine wild, die andere eine Gartenpflanze, beide zur Blüthezeit gesammelt. Die erstere war reich an Natron, die letztere beinahe völlig frei davon, sie enthielt aber entsprechend mehr Kali. Zwei Analysen von Runkelrübenaschen, die eine von

---

*) Natron in Form von Chlornatrium ist für das thierische Leben wesentlich; da nun die Nahrung aller Thiere, indirect wenigstens, aus dem Pflanzenreich stammt, so ist es eine weise Vorsicht, daß in demselben Natron enthalten ist, wenn es auch nicht unentbehrlich für die Pflanzen wäre.

Wolf (1), die andere von Way (2), zeigen ähnliche Verschiedenheiten:

	Spargel		Runkelrüben	
	wild	cultivirt	1	2
Kali	18,8	50,5	57,0	25,1
Natron	16,2	Spuren	7,3	34,1
Kalk	28,1	21,3	5,8	2,2
Magnesia . . .	1,5	—	4,0	2,1
Chlor	16,5	8,3	4,9	34,8
Schwefelsäure .	9,2	4,5	3,5	3,6
Phosphorsäure	12,8	12,4	12,9	1,9
Kieselsäure . .	1,0	3,7	3,7	1,7

Diese Resultate scheinen zu zeigen — auch angenommen, daß nur sehr geringe Mengen, wenn überhaupt Natron, absolut nothwendig für das Leben der Pflanzen sind —, daß das Natron, welches das Kali zu ersetzen scheint, zufällig ist, und daß das ersetzte Kali ebenfalls zufällig, also im Ueberschuß über die wirkliche Menge, welche die Pflanze bedarf, vorhanden ist, und es bleibt uns daher überlassen, anzunehmen, daß die Menge der absorbirten Körper bis zu einer gewissen Grenze von der Zusammensetzung des Bodens abhängt und bis zu einem gewissen Grade unabhängig von den Bedürfnissen der Pflanzen ist.

Alkalien in Strand- und Meerespflanzen. Die obigen Schlüsse können jedoch nicht auf Pflanzen, welche in der Nähe des Meeres oder in demselben selbst wachsen, angewendet werden. Der Spargel, die Runkelrübe und Gelbrübe, obgleich ihr natürlicher Standort die Meeresküsten, sind leicht im Inlande zu cultiviren und wachsen thatsächlich wild bei totaler oder nahezu völliger Abwesenheit von Natronverbindungen.*)

*) Analogie mit Landpflanzen würde uns zu dem Schlusse führen, daß das Natron der Seegewächse größtentheils zufällig war, nothwendiger Weise könnten erst durch besondere Untersuchungen Fragen gleich dieser endgültig entschieden werden.

Das gemeine Salzkraut (Salsola) und das Glasschmalz (Salicornia) sind Pflanzen, welche, ungleich den ebenerwähnten, sich niemals ins Inland verlieren. Göbel, welcher diese Pflanzen, die in den Caspischen Steppen vorkommen, analysirte, fand in dem löslichen Theile der Asche von Salsola brachiata 4,8 Procent Kali und 30,3 Procent Natron und in Salicornia herbacea 2,6 Procent Kali und 36,4 Procent Natron.

Die Soda machte im ersteren Fall nicht weniger als $^1/_{15}$ und in dem letzteren $^1/_{24}$ des ganzen Gewichts nicht der Asche, sondern der lufttrockenen Pflanze aus. Kali fehlt auch in dieser Art Pflanzen niemals. (Agricultur-Chemie, 3. Aufl., S. 66.)

Nach Cadet (Liebig's Ernähr. der Vegetab., S. 100) gaben die Samen von Salsola kali, in gewöhnliche Gartenerde gesäet, Pflanzen, die sowohl Natron als Kali enthielten; von den Samen dieser Pflanzen, wiederum in denselben Gartenboden gesäet, erwuchsen Pflanzen, in welchen nur Kalisalze mit Spuren von Natron gefunden werden konnten.

Eine andere Classe von Pflanzen, die Seegewächse (Algae), erhalten ihre Nahrung ausschließlich von Seewasser, in welchem sie eingetaucht sind. Obgleich die Menge Kali im Seewasser nur $^1/_{30}$ von der des Natrons ist, bleibt es doch eine Thatsache, wie die Analysen von Forchhammer (Journ. für prakt. Chem. XXXVI, S. 391) und Anderson (Trans. High. and Ag. Soc.. 1855 bis 1857, p. 349) jetzt zeigen, daß die Aschen der Seegewächse im Allgemeinen eben so reich oder selbst noch reicher an Kali wie an Natron sind. In 14 Analysen von Forchhammer war der durchschnittliche Betrag der lufttrockenen Pflanze an Natron 3,1 Procent, der an Kali 2,5 Procent. In Anderson's Resultaten ist der Procentgehalt des Kalis durchgängig höher als der des Natrons *).

*) Ohne Zweifel darin begründet, weil das von Anderson benutzte Material durch Waschen von dem anhängenden gemeinen Seesalz befreit war.

Eisenoxyd ist für die Pflanzen wesentlich. Es ist häufig bewiesen, daß eine kleine Menge Eisenoxyd, Fe_2O_3, wesentlich zum Wachsthum ist, wenn auch die landwirthschaftliche Pflanze sich vollständig ausbilden kann, wenn sie nur mit so wenig versehen wird, daß es in der Asche mit empfindlichen Reagentien entdeckt werden kann. Nach Salm-Horstmar ist Eisenoxydul für die Rapspflanze unentbehrlich. (Versuche 2c., S. 35.) Knop versichert, daß Mais, welcher bei völliger Abwesenheit von Eisenoxyd nicht zu wachsen im Stande ist, gedeiht, wenn phosphorsaures Eisenoxyd, welches außerordentlich unlöslich ist, einfach in der Lösung, in welche die Wurzeln tauchen, nur während der ersten vier Wochen des Wachsthums der Pflanzen sich suspendirt befindet. (Vers.-Stat. V, S. 101.)

Wir finden, daß die Menge des Eisenoxyds, die in den Aschenanalysen von landwirthschaftlichen Pflanzen angegeben wird, nur gering ist, indem es weniger als ein Procent beträgt.

Auch hier werden beträchtliche Unterschiede beobachtet. In den Analysen von Getreidekörneraschen schwankt das Eisenoxyd von unwägbaren Spuren bis zu 2 und selbst 3 Procent. In Knollenfrüchten wurde es bis zu 5 Procent gehend gefunden.

Kekule fand in der Asche von Weizenkleber 7,1 Procent Eisenoxyd. (Jahresbericht der Chemie, 1851, S. 715.)

Schulz-Fleeth fand in der Asche von Albumin aus dem Saft der Kartoffel 17,5 Procent Eisenoxyd (?). Das Verhältniß der Asche ist indessen so gering, daß in dem Falle bei Kartoffelalbumin das Eisenoxyd nur 0,12 Procent der Trockensubstanz ausmacht. (Der rationelle Ackerbau, S. 82.)

Im Holz und besonders in der Rinde von Bäumen kommt das Eisenoxyd oft bis zu einem Betrag von 5 bis 10 Procent vor.

Die größten Procentgehalte wurden in Wasserpflanzen gefunden. In der Asche der Wasserlinse (Lemna trisulca) fand Liebig 7,4 Procent. Gorup-Besanez fand in der

Asche von Trapa natans 29,6 Procent, und in der Asche der Fruchtkapsel dieser Pflanze 68,6 Procent. (Annal. d. Chem. u. Pharm. CXVIII, S. 223.)

Wahrscheinlich ist ein großer Theil von dem Eisenoxyd in landwirthschaftlichen und Landpflanzen überhaupt zufällig. In dem Falle bei Trapa natans können wir nicht annehmen, daß das Eisenoxyd wesentlich ist, weil der größere Theil in den Geweben als ein braunes Pulver sich vorfindet, welches mit Säuren ausgezogen werden kann und das Aussehen hat, als sei es hier mechanisch angehäuft.

Ohne Zweifel hat ein Theil des Eisenoxyds, der in den Analysen landwirthschaftlicher Pflanzen mitberechnet wird, niemals innerhalb der Pflanzengewebe existirt, sondern rührt von dem Boden her, welcher mit großer Zähigkeit an allen Theilen den Pflanze haftet.

Manganoxydoxydul, M_3O_4, ist für die landwirthschaftlichen Pflanzen unwesentlich. Dieses Oxyd ist gewöhnlich weniger häufig als Eisenoxyd und ist oft, wenn nicht gewöhnlich, in landwirthschaftlichen Pflanzen so gut wie abwesend. Es begleitet gewöhnlich das Eisenoxyd, wo dieses letztere in beträchtlicher Menge vorkommt. So wurde es in der Asche von Trapa in dem Betrag von 7,5 bis 14,7 Procent gefunden. Bisweilen findet man es in viel größerer Menge als Eisenoxyd; so fand Fresenius 11,2 Procent Manganoxydoxydul in der Asche der Blätter der Rothbuche (Fagus sylvatica), die nur 1 Procent Eisenoxyd enthielt.

In der Asche von Eichenblättern (Quercus robur) fand Neubauer von ersterem 6,6 Procent, von letzterem nur 1,2 Procent.

In der Holzasche der Lärche (Laryx Europaea) fand Böttinger 13,5 Procent Mn_3O_4 und 4,2 Procent Fe_2O_3, und in der Holzasche von Pinus sylvestris 18,2 Procent Mn_3O_4 und 3,5 Procent Fe_2O_3. In der Asche von Raps-

samen fand Nitzsch 16,1 Procent Mn_3O_4 und 5,5 Procent Fe_2O_3. In den Landpflanzen sind diese hohen Procentgehalte zufällig, und es sind Exemplare der meisten hier eben erwähnten Pflanzen analysirt worden, welche, außer Spuren, frei von allem Manganoxyd waren.

Salm-Horstmar schloß aus seinen Versuchen, daß Manganoxyd unentbehrlich zum Pflanzenwachsthum sei. Sachs, Knop und die meisten anderen Versuchsansteller bei Wasserculturen erwähnen diese Substanz in ihren Mischungen, welche in ihrer Hand für die mehr oder weniger vollständige Entwicklung verschiedener landwirthschaftlicher Versuche gedient haben, nicht. Birner und Lucanus haben dargethan, daß Manganoxyd für die Haferpflanze nicht nöthig ist und daß es nicht die Stelle des Eisens einnehmen kann. (Vers.-Stat. VIII, S. 43.)

Ist Chlor den Pflanzen unentbehrlich? Was von dem Vorkommen des Natrons in den Pflanzen geschrieben wurde, läßt sich in den meisten Fällen gleich gut auf das Chlor anwenden. In der Natur ist Natron oder vielmehr Natrium gewöhnlich mit Chlor, als Kochsalz, verbunden. Es ist sehr wahrscheinlich, daß in dieser Form diese beiden Substanzen gewöhnlich vereint in die Pflanze eintreten, und in der Mehrzahl der Fälle kommt, wenn eines von denselben in großer Menge vorhanden ist, das andere in entsprechender Menge vor. Weniger häufig kommt das Chlor ausschließlich in Verbindung mit Kali in den Pflanzen vor.

Chlor fehlt ohne Zweifel bei wohlausgebildeten landwirthschaftlichen Pflanzen, die unter natürlichen Bedingungen gezogen sind, niemals, wenn auch die Menge großen Schwankungen unterliegt und oft sehr gering ist, so gering, daß sie, mit Ausnahme von sehr sorgfältigen Analytikern, öfters übersehen wird. In vielen Analysen von Körnerfrüchten ist Chlor nicht erwähnt. Seine Abwesenheit rührt in vielen Fällen ohne Zweifel von dem

Umstande her, daß das Chlor aus der Asche von Substanzen, die reich an Phosphorsäure, Kieselsäure oder Schwefelsäure sind, bei andauernder hoher Hitze sich leicht verflüchtigt. In späteren Analysen, bei welchen die vegetabilische Substanz, anstatt bei starker Rothglühhitze auf einmal zu Asche gebrannt, zuerst bei niederer Rothgluth verkohlt und dann mit Wasser ausgelaugt wurde, welches die Chloride auflöst und von der unverbrannten Kohle und anderen Körpern trennt, ist Chlor überall erwähnt. In den Tafeln der Analysen ist die Durchschnittszahl für Chlor unleugbar zu niedrig angegeben. Dieses gilt besonders für die Körnerfrüchte.

Ueber die Unentbehrlichkeit des Chlors haben wir etwas widersprechende Angaben. Salm-Horstmar schließt, daß eine Spur für die Weizenpflanze nothwendig ist, obgleich er viele seiner Versuche in Bezug auf die Wichtigkeit dieses Elementes nicht befriedigend findet.

Nobbe und Siegert, welche eingehende Untersuchungen über den nährenden Einfluß des Chlors bei Buchweizen angestellt haben, kamen zu dem Schluß, daß, während die Stengel und Blätter dieser Pflanze im Stande sind, eine beträchtliche Entwicklung bei Abwesenheit von Chlor zu erlangen (den geringen Betrag im Samen selbst ausgenommen), zur Samenbildung die Gegenwart von Chlor wesentlich ist.

Bei Mais hat Knop anderseits das Chlor von der Liste der wesentlichen Bestandtheile ausgestrichen, und aus anderen bis jetzt noch nicht völlig beschriebenen Versuchen zweifelt er an dessen Nothwendigkeit auch für Buchweizen (?).

Leydecker ist in einem neueren Versuche zu demselben Resultate wie Nobbe und Siegert gekommen, daß zur Samenbildung bei Buchweizen das Chlor unentbehrlich ist. (Vers.-Stat. VIII, 177.)

Aus einer Reihe von Wasserculturversuchen von Birner und Lucanus (Vers.-Stat. VIII, 160) schließen diese, daß

für Hafer das Chlor nicht unentbehrlich ist und keinen besonderen Einfluß auf die Samenbildung übt. Chlorkalium vermehrte das Gewicht der Ernte, Chlornatrium gab eine stärkere Entwicklung der Blätter und Stengel, Chlormagnesium war bei den Bedingungen ihrer Versuche positiv schädlich.

Lucanus (Vers.-Stat. VII, 363 bis 371) zog Klee in Wasser ohne Chlor. Die trockne Ernte wog in den am besten gelungenen Versuchen 240 mal soviel als der Samen. Die Zugabe von Chlor gab keine besseren Resultate. Nobbe hat normal entwickelte Wicken und Erbsen gezogen, aber nur in Lösungen, die Chlor enthielten.

Knop, in noch späterer Zeit (Lehrbuch der Agriculturchemie, S. 615), giebt die Gründe an, warum er die Richtigkeit der Schlußfolgerungen von Nobbe, Siegert und Leydecker bezweifelt (?).

Bis weitere mehr entscheidende Resultate erlangt sind, sind wir berechtigt, die Beziehungen des Chlors zu den landwirthschaftlichen Pflanzen in den folgenden Sätzen zusammenzufassen:

1) Chlor ist niemals völlig abwesend.

2) Wenn unentbehrlich, ist doch nur eine sehr kleine Menge für die Cerealien und den Klee nothwendig.

3) Buchweizen, Wicken und, nach Lehmann (München), auch Erbsen erfordern einen nicht unbeträchtlichen Antheil Chlor zur vollen Entwicklung.

4) Die Blätter und saftigen Theile können eine beträchtliche Menge Chlor einschließen, die für das Leben der Pflanze nicht nothwendig ist.

Nothwendigkeit des Chlors für Strandpflanzen. Eine einzelne Beobachtung von Wiegmann und Polstorf (Preisschrift) thut dar, daß Salsola kali Chlor erfordert, ob vereinigt mit Kalium oder Natrium, ist gleichgültig.

Diese Versuchsansteller pflanzten junges Salzkraut in einen

Topf mit Gartenerde, welche nur Spuren von Chlor enthielt, und begossen sie mit einer schwachen Lösung von Chlorkalium. Die Pflanze wuchs außerordentlich üppig, blühte und füllte vollständig den Topf aus. Sie wurde dann in freie Erde ausgesetzt, ohne weitere Zugaben von Chlorverbindungen zu erhalten, das nächste Jahr aber wurde sie krank und ging zur Zeit der Blüthe zu Grunde.

Kieselsäure ist nicht unentbehrlich für Pflanzen(?). Die zahlreichen Analysen, die wir nun besitzen, zeigen, daß dieser Körper immer in der Asche aller landwirthschaftlichen Pflanzen, wenn sie in natürlichem Boden wachsen, gegenwärtig ist.

In der Holzasche von Bäumen schwankt sie von 1 bis 3 Procent, wird aber oft bis zu einem Betrag von 10 bis 20 Procent, ja sogar bis 30 Procent, besonders in der Fichte, gefunden. Die Asche der Turnipsblätter enthält 3 bis 10 Procent; die der Tabackblätter 5 bis 18 Procent; die des Hafers 11 bis 58 Procent (Arendt, Norton). In der Asche von Lattich sind bis 20 Procent, in Buchenblättern 26 Procent, in Eichenblättern wurden 31 Procent beobachtet. (Wicke, Henneberg's Journal, 1862, S. 156.)

Die Rinde oder Oberhaut (cuticula) vieler Pflanzen enthält eine außerordentliche Menge Kieselerde. Der Cautobaum von Südamerika (Hirtella seticea) ist in dieser Hinsicht sehr merkwürdig. Seine Rinde ist sehr fest und hart und ist schwierig zu schneiden, indem sie ein Gefüge wie Sandstein hat. In Trinidad mischen die Eingeborenen seine Asche mit Thon, um daraus Geschirre herzustellen. Die Rinde des Cautobaumes liefert 34 Procent Asche, und von dieser sind 96 Procent Kieselerde. (Wicke, Henneberg's Journal.)

Eine andere merkwürdige Pflanze in Bezug auf ihren Kieselsäuregehalt ist der Bambus. Die Asche der Rinde enthält 70 Procent, und in den Knoten des Rohres sind oft

Concretionen von Kieselsäure, die an Feuerstein erinnern, der sogenannte Tabashir.

In der Asche des gemeinen Schachtelhalmes, auch Zinnkraut genannt (Equisetum hyemale), hat man einen Kieselsäuregehalt von 97 Procent gefunden.

Das Stroh der Cerealien und die Stengel und Blätter der Gräser, die beide zu der botanischen Familie der Gräser gehören, sind besonders durch einen großen Gehalt von Kieselsäure ausgezeichnet, der zwischen 40 bis 70 Procent schwankt.

Die Familien der Binsen und Schilfe enthalten ebenfalls viel von dieser Substanz.

Die Ablagerung der Kieselsäure in den Pflanzen scheint nach den oben angegebenen Procenten im Allgemeinen an der Oberfläche stattzufinden. Obgleich sie in allen Theilen der Pflanze gefunden wird, ist sie doch gewöhnlich in der Oberhaut am reichsten, und dies findet besonders statt, wo der Kieselsäuregehalt groß ist. Davy lenkte schon im Jahre 1799 die Aufmerksamkeit auf die Ablagerung der Kieselsäure in der Cuticula und sprach die Meinung aus, daß die Kieselsäure der Pflanze als Stütze diene, ähnlich wie die Knochen bei den Thieren.

In der Aschenanalyse der Fichte (Pinus sylvestris) hat Wittstein Resultate erhalten, welche anzeigen, daß das Alter des Holzes oder der Rinde großen Einfluß auf den Kieselsäuregehalt hat. Er fand im

Holz eines	Baumes,	220	Jahre	alt,	32,5	Procent	
„ „	„	170	„	„	24,1	„	
„ „	„	135	„	„	15,1	„	u. in der
Rinde „	„	220	„	„	30,3	„	
„ „	„	170	„	„	14,4	„	
„ „	„	135	„	„	11,9	„	

In der Strohasche von Hafer fand Arendt, daß der Kieselsäuregehalt sich vermehrt mit dem Herannahen der Reife-

zeit. So sind die Blätter der Waldbäume, welche im Herbst reich an Kieselsäure sind, beinahe frei von diesem Körper im Frühjahr. Die Kieselsäure häuft sich dann im Allgemeinen in den älteren und weniger thätigen Theilen der Pflanze, einerlei, ob diese äußerlich oder innerlich sind, an und ist verhältnißmäßig gering in den jüngeren und wirklich wachsenden Theilen.

Diese Regel ist nicht ohne Ausnahme. So ist die Spreu von Weizen, Roggen und Hafer reicher an Kieselsäure als irgend ein anderer Theil dieser Pflanze, und Böttinger fand die Samen von Pinus reicher an Kieselsäure als das Holz.

In zahlreichen Fällen ist die Kieselsäure so in oder auf der Zellwand abgelagert, daß, wenn die organischen Theile durch Verbrennung zerstört oder durch Lösungsmittel entfernt sind, die Form der Zelle in dem Kieselskelett erhalten ist. Dies ist ein lange bekannter Fall bei Equisetum und Deutzia. Hier ist die rauhe Oberfläche der Stengel und Blätter, welche diese Pflanzen zum Scheuern nützlich machen, stark von Kieselsäure incrustirt und durchdrungen, und die Asche der Oberhaut giebt dieselbe Erscheinung unter dem Mikroskop wie die Oberhaut selbst.

Vor Kurzem haben Kindt, Wicke und Mohl beobachtet, daß die Haare der Brennessel, des Hanfes, des Hopfens und anderer rauhblätteriger Pflanzen stark kieselsäurehaltig sind. Die Rinde der Buche ist mit Kieselsäure überzogen, daher die glatte und unverweste Oberfläche, welche ihr Stamm darbietet. Das beste Gespinnstmaterial, welches von den Bastfasern von verschiedenen Pflanzen herrührt, wie gewöhnlicher Hanf, Manillahanf (Musa textilis), Aloëbast (Agarve Americana), gemeiner Flachs und Neuseeland-Flachs (Phormium tenax) sind vollständig mit Kieselsäure incrustirt.

In Jute (Corchorus textilis) sind einige Zellen theilweise incrustirt. Die Baumwollenfaser ist frei von Kieselsäure. Wicke (a. a. O.) nimmt an, daß die Dauerhaftigkeit

einer Gespinnstfaser bis zu einem gewissen Grade von dem Gehalt an Kieselsäure abhängt.

Die große Verschiedenheit im Gehalt derselben Pflanze und in denselben Theilen der Pflanze zeigt an, daß diese Substanz zum Theil wenigstens zufällig ist.

In den Aschen von zehn Arten Tabacksblättern fanden Fresenius und Will die Kieselsäure von 5,1 bis zu 18,4 Procent schwankend.

Die Aschenanalysen der 13 Proben von Erbsenstroh, das auf verschiedenem Boden, aber von demselben Samen in demselben Jahre im Auftrag des „Landes-Oekonomie-Collegiums" in Preußen gezogen waren, gaben folgende Kieselsäuregehalte in Procenten: 0,56; 0,75; 2,30; 2,80; 3,29; 3,57; 5,15; 5,82; 8,03; 8,32; 9,77; 21,35. Aschenanalysen von neun Proben Rapsstroh, alle von gleichem Samen aber auf verschiedenem Boden gezogen, gaben folgende Procente: 1,00; 1,14; 3,02; 3,57; 4,65; 5,08; 7,81; 11,88; 17,12. (Journal für prakt. Chem. XIV, 474 bis 477.) Solche Beispiele könnten vielfach vermehrt werden.

Der Gedanke, daß ein Theil der Kieselsäure zufällig, wird auch durch die von Saussure, dem ersten Untersucher der Pflanzenaschen (Recherches sur la Vegetation, p. 282), beobachtete Thatsache unterstützt, daß Früchte, die auf sandigem Boden gezogen, im Allgemeinen reicher an Kieselsäure sind als die auf kalkigem Boden gewachsenen. Norton fand in der Asche von Spreu des Hopeton-Hafers von leichtem Lehm 56,7 Procent, von armem Torfboden 50,0 Procent Kieselsäure, während die Spreuasche von Kartoffel-Hafer von sandigem Boden 70,9 Procent gab.

Salm-Horstmar erhielt im Laufe seiner synthetischen Versuche in Bezug auf die Mineralnahrung der Pflanzen einige merkwürdige Resultate, welche ihn in seiner Meinung, daß Kieselsäure unentbehrlich zum Pflanzenwachsthum sei, durchaus

befestigten. Er fand, daß eine Haferpflanze in reinem Quarzsand (unlösliche Kieselsäure) mit Hinzugabe der für ihr Wachsthum nöthigen Elemente mit Ausnahme löslicher Kieselsäure nicht allein gut wuchs, sondern auch in ihrer Asche 23 Procent Kieselsäure enthielt, das ist eine so große Menge, wie sie in Pflanzen, die unter normalen Bedingungen gewachsen sind, vorkommt.

Sachs, im Jahre 1862, war der Erste, welcher Beweise veröffentlichte, die stark darauf hinwiesen, daß Kieselsäure kein nothwendiger Bestandtheil der Maispflanze ist. Er erzielte in seinen ersten Arbeiten mit Wasserculturen eine Maispflanze von beträchtlicher Entwicklung, deren Asche nur 0,7 Procent Kieselsäure enthielt. Kurz darauf erzog Knop (der zuerst brauchbare Lösungen zusammensetzte) eine Maispflanze mit 140 reifen Samen und einem Trockengewichte von 50 Gramm in einem Medium, was so frei von Kieselsäure war, daß nur Spuren dieser Substanz in den Wurzeln gefunden werden konnten, aber ½ Milligramm in dem Stengel und 22 Milligramme in den 15 Blättern und Deckblättern. Sie fehlte ganz in den Samen. Die Blätterasche dieser Pflanze enthielt nur 0,54 Procent Kieselsäure und der Stamm nur 0,07 Procent. Way und Ogston fanden in der Maisasche, Blätter und Stengel zusammen, 27,98 Procent Kieselsäure.

Knop ist geneigt zu glauben, daß das Bischen Kieselsäure, welches in seiner Maispflanze gefunden wurde, von Staub herrührte und nicht zu den Geweben der Pflanze gehöre (?). Er bemerkt: „Ich glaube, daß Kieselsäure nicht unter die Nährstoffe der Gramineen zu rechnen ist, seit ich ähnliche Beobachtungen in der Analyse von Gerstenaschen gemacht habe.“

In den zahlreichen Versuchen, die in neuerer Zeit in Bezug auf das Wachsthum von Pflanzen in wässerigen Lösungen von Sachs, Knop, Nobbe und Siegert, Stoh-

mann, Rautenberg, Kühn, Biener, Lucanus, Leydecker, Wolf und Hampe gemacht wurden, ist in beinahe allen Fällen die Kieselsäure ausgeschlossen gewesen, so weit dies bei dem Gebrauch von Glasgefäßen möglich ist. Dies ist, ohne der Entwicklung der Pflanze hinderlich zu sein, geschehen. Nobbe und Siegert und Wolf ist es gelungen, Buchweizen, Mais und Hafer zu voller Entwicklung im Gesammtumfang und in den Theilen mit Ausschluß von Kieselsäure zu bringen.

Wolf (Vers.=Stat. VIII, S. 200) erhielt in der Asche so cultivirter Maispflanzen 2 bis 3 Procent Kieselsäure, während dieselben zwei Varietäten auf dem Felde in ihrer Asche 11½ bis 13 Procent enthielten.

Das Verhältniß der Asche war im Wesentlichen in beiden Fällen gleich, nämlich ungefähr 6 Procent. Birner und Lucanus (Vers.=Stat. VIII, S. 141) fanden, daß die Zufuhr von löslichen Silicaten die Haferasche sehr reich an Kieselsäure (40 Procent) machte, jedoch das Wachsthum des Strohes verminderte, ohne in dieser Richtung den Samen zu beeinträchtigen, verglichen mit Pflanzen, die beinahe ohne Kieselsäure waren. Während es nicht bewiesen ist, daß völlige Abwesenheit derselben kein Hinderniß für das Wachsthum auch solcher Pflanzen ist, die gewöhnlich reich an Kieselsäure sind, so ist jedoch sicher, daß sehr wenig genügt, und höchst wahrscheinlich ist sie in keiner Weise wesentlich zu ihrer physiologischen Entwicklung.

Unbeschadet des oben gesagtem, kann auch folgende Anschauung zu Recht bestehen, wenn auch durch die Versuche bewiesen ist, daß die Bildung von Holzfaser, Stärke, Zucker und Albuminaten auch bei den Cerealien nicht an die Anwesenheit von Kieselsäure gebunden ist, ebensowenig wie bei den anderen Pflanzen, so ist diese doch unentbehrlich zur Entwicklung einer normalen Pflanze in ihrer vollen Bedeutung.

Für die Gramineen ist es nämlich charakteristisch, daß sie auf der Oberfläche der Stengel und der Blätter einen Ueberzug von Kieselsäure besitzen und daß die Kieselsäure theilweise auch an inneren Zellwänden abgelagert wird, was offenbar den Zweck hat, wahrscheinlich theilweise die Stärke des Halmes zu vermehren, ohne Zweifel aber eine wesentliche Bedingung ist, die Pflanze gegen äußere Einflüsse zu schützen. Eine Pflanze aus der Familie der Gramineen ohne diese Merkmale ist nie und nimmer als eine landwirthschaftlich normale Pflanze zu bezeichnen, mit der wir es ausschließlich zu thun haben. Wir müssen daher die Kieselsäure nicht allein als einen nützlichen, sondern auch als einen absolut nothwendigen und wesentlichen Nährstoff für die Gramineen ansehen, oder wollen wir das Wort Nährstoff in diesem strengen Sinne nicht gebrauchen, dafür ein anderes Wort wählen und statt dessen schlechtweg sagen: sie ist ein unentbehrlicher Bestandtheil für die Gramineen, der in dem Stroh der Getreidearten selbst unter den ungünstigsten Verhältnissen nicht unter 25 Procent der Asche sinkt. Für die Praxis ist jedoch seine Bedeutung insofern gering, weil wir auf dessen Zufuhr keine Rücksicht zu nehmen haben, indem die Natur in jedem Boden für diesen Stoff allein hinreichend für alle Zeit gesorgt hat.

Die Aschenbestandtheile, welche unentbehrlich für die Pflanzen sind, können in größerer Menge aufgenommen werden, als die Pflanzen nothwendig haben. Vor mehr als 60 Jahren beschrieb schon Saussure einen Versuch, welcher diese Frage völlig entschied. Er sammelte eine Anzahl Pfefferminzpflanzen und bestimmte in einigen das Gewicht der Trockensubstanz, welches 40,3 Procent war. Eine gleiche Zahl Pflanzen wurden mit ihren Wurzeln dann in reines Wasser eingetaucht, und er ließ die Pflanzen zwei Monate an einem Orte, der der Luft und dem Licht freien Zutritt gewährte, aber vor Regen geschützt war, vegetiren.

Am Ende des Versuches hatte sich das Gewicht der Pflanzen, welches ursprünglich 100 war, auf 216 Gewichtstheile erhöht, und die Trockensubstanz dieser Pflanzen, welche zuerst 40,3 wog, hatte sich jetzt auf 62 erhöht. Die Pflanzen konnten aus dem reinen Wasser und dem Glasgefäß keine bemerkenswerthen Mengen Mineralsubstanzen aufnehmen.

Es ist deshalb offenbar, daß die Aschenbestandtheile, welche in 2 Theilen der Pfefferminzpflanzen enthalten waren, hinreichten für die Erzeugung und Erhaltung von drei Theilen organischer Substanz.

Wir dürfen daher annehmen, daß zum wenigsten ein Dritttheil der Asche in der ursprünglichen Pflanze in Ueberschuß oder zufällig war.

Die Thatsache einer übermäßigen Aufnahme von wesentlichen Aschenbestandtheilen ist auch durch den zuverlässigen Versuch von Wolf mit Buchweizen, der schon (S. 176) beschrieben war, wo der in Frage stehende Punkt gelegentlich erwähnt wurde, bewiesen. Die Schwierigkeit, zu entscheiden, wie viel Asche in einer Pflanze im Ueberschuß vorkommen kann, war daselbst klar gemacht. (Siehe auch S. 192 und 194 in Bezug auf Kali und Eisenoxyd.)

Als einen weiteren schlagenden Fall von dem Einfluß des ernährenden Mediums auf die Menge der Aschenbestandtheile in der Pflanze führe ich noch Folgendes an, welches dazu dienen kann, die Thatsache, daß eine Pflanze nicht immer der Mineralstoffe bedarf, welche sie enthält, noch besser ins Licht zu stellen.

Nobbe und Siegert haben vergleichende Untersuchungen über die Zusammensetzung der Buchweizenpflanze, welche einerseits im Gartenboden, anderseits in einer wässerigen Lösung von Salzen gezogen waren, angestellt. Die Lösung enthielt schwefelsaure Magnesia, Chlorkalium, phosphorsaures und salpetersaures Kali mit phosphorsaurem Eisen, welche

zusammen 0,316 Procent der Flüssigkeit ausmachten. Die Aschenmengen waren in der Wasserpflanze viel höher als in der Gartenpflanze, wie dies die beigegebenen Zahlen zeigen. (Vers.-Stat. V, S. 132.)

	Aschenprocente			
	Stengel und Blätter	Wurzeln	Samen	Ganze Pflanze
Wasserpflanze . . .	18,9	15,3	2,6	16,7
Gartenpflanze . . .	8,7	6,8	2,4	7,1

Wir haben gesehen, daß wohl entwickelte Pflanzen eine größere Menge Asche als schwach entwickelte enthalten, auch wenn sie Seite an Seite in demselben Medium wachsen. Im Gegensatz zu dieser allgemeinen Regel zeigt in diesem Falle die Wasserpflanze die doppelte Menge an Aschenprocenten als die Landpflanze, obgleich die erstere ein Zwerg verglichen mit letzterer war, indem ihre Trockensubstanz nur $1/_6$ der Menge betrug, welche die Gartenpflanze lieferte.

Verwendung der im Uebermaße oder überflüssig aufgenommenen Aschenbestandtheile. Die im Uebermaße über die wirklichen Bedürfnisse der Pflanze aufgenommenen Aschenbestandtheile können in dreierlei Weise verwendet werden. Die löslichen Bestandtheile, die an und für sich löslich und daher unfähig sind, unlösliche Verbindungen mit anderen Bestandtheilen der Pflanze zu bilden, wie: die Chloride, Sulphate, Carbonate und Phosphate der Alkalien und die Chloride von Calcium und Magnesium können

1) gelöst und überall in den Säften der Pflanze vertheilt sein; oder

2) können an der Oberfläche als Efflorescenzen ausschwitzen und durch den Regen abgewaschen werden.

Ausschwitzungen an der Oberfläche sind wiederholt bei Gurken und anderen Küchengewächsen, die im Garten wuchsen, wie auch bei Buchweizen und Gerste bei Wassercultur beobachtet worden. (Vers.-Stat. VI, S. 37.)

Saussure fand in weißen Incrustationen auf Gurkenblättern neben einem in Wasser und Alkohol unlöslichen organischen Körper Chlorcalcium mit Spuren von Chlormagnesium. Die organische Substanz schloß das Chlorcalcium so völlig ein, daß sie das Zerfließen des letzteren verhinderte. (Recherches sur la Vegetation, p. 265.)

Saussure bewies, daß Blätter leicht Salze an Wasser abgeben. Er legte Haselnußblätter achtmal hinter einander in erneute Mengen reinen Wassers, und indem er sie jedesmal 15 Minuten darin ließ, fand er, daß sie bei dieser Behandlung $^1/_{15}$ ihrer Aschenbestandtheile verloren hatten. Die aufgelösten Theile waren vorzugsweise alkalische Salze; aber ein Theil bestand auch aus erdigen Phosphaten, Kieselsäure und Eisenoxyd. (Recherches p. 287.)

Ritthausen hat nachgewiesen, daß der geschnittene Klee, der dem Regen ausgesetzt liegt, durch Auswaschen mehr als $^1/_3$ seiner Aschenbestandtheile verlieren kann.

Mulder (Chemie der Ackerkrume II, S. 305) mißt einen beträchtlichen Theil der Unterschiede in dem Procentgehalt und der Zusammensetzung der Aschenbestandtheile dem Verlust durch Regen bei. Wir dürfen aber nicht vergessen, daß alle Untersuchungen, welche einen großen Verlust auf diese Weise anzeigen, an geschnittenen Pflanzen gemacht waren, und diese Resultate werden in gleicher Ausdehnung nicht Stich halten bei unverletzten Pflanzen, die sicherlich kein Auslaugen durch Wasser zulassen. Weitere Untersuchungen müssen über diese kühne Hypothese entscheiden.

3) Die unlöslichen Köper oder die, welche in der Pflanze unlöslich werden, wie schwefelsaurer Kalk, kleesaurer, phosphorsaurer und kohlensaurer Kalk und Magnesia, Eisenoxyd, Manganoxyd und Kieselsäure können als Krystalle oder Concretionen in der Zelle sich ablagern, oder sie können die Zellwände incrustiren und so aus der Sphäre der Lebensthätigkeit entfernt werden.

In den dichteren und vergleichsweise saftloseren Geweben, wie in der Rinde, dem alten Holze, den reifen Samen, finden wir wenig Unterschied in dem Gehalt an löslichen Körpern. Diese sind in großen und wechselnden Mengen nur in den saftigen Organen vorhanden.

In der Rinde (Cuticula) des Holzes und in den Einhüllungen der Samen (Hülsen, Schalen und Spreu) finden wir oft Kieselsäure, Eisen- und Manganoxyd und kohlensauren Kalk, alles unlösliche Substanzen, in beträchtlicher Menge aufgehäuft. In der Kleie, der Oberhaut der Getreidekörner, kommt phosphorsaure Magnesia in verhältnißmäßig großer Menge vor. In dem dichten Teakholz hat man Concretionen von phosphorsaurem Kalk beobachtet. In einer gewissen Species Cactus (Cactus senilis) bestehen 80 Procent der Trockensubstanz aus Krystallen, wahrscheinlich Kalksalzen.

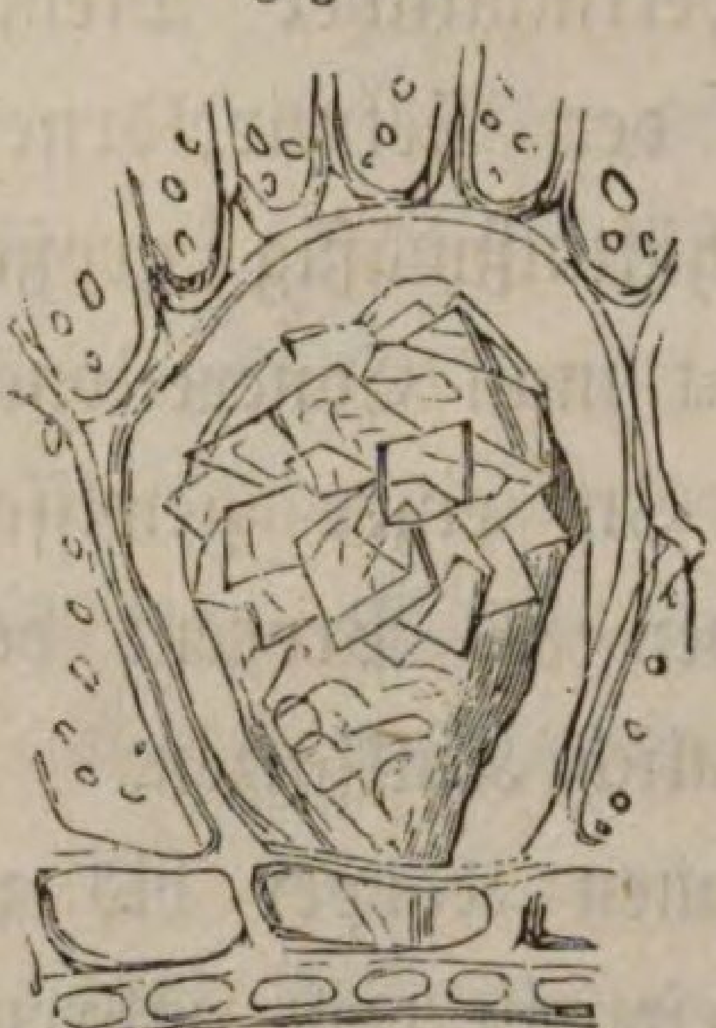
Daß die Menge der so ausgeschiedenen Körper bis zu einem gewissen Grade dem Ueberschuß dieser in dem nährenden Medium, in welchem die Pflanzen wachsen, proportional ist, haben Nobbe und Siegert beobachtet; sie bemerken, daß von den beiden Portionen Buchweizen, die in Lösungen wie die, welche im Gartenboden (S. 207) gezogen waren, eine jede Krystalle und kugelige krystallinische Massen, die wahrscheinlich aus oxalsaurem und phosphorsaurem Kalk und Magnesia bestanden, in der Rinde und im Mark abgelagert hatten; daß diese aber viel reichlicher sich in der Wasserpflanze fanden, deren Aschenprocente zweimal so hoch als die der Landpflanzen waren.

Diese unlöslichen Substanzen können entweder in manchen Fällen ganz unwesentlich sein, wie die Kieselsäure, oder sie können vorher den Bedürfnissen der Pflanze gedient haben und nachher erst als nicht mehr nöthig ausgeschieden worden sein, indem sie eine unlösliche Form annehmen, oder sie werden ganz aus dem Kreis der Lebensfunctionen entfernt und sind dann so gut wie todte Massen.

Sie sind thatsächlich ausgeschieden, wenn auch im Allgemeinen nicht förmlich außerhalb der Grenzen der Pflanzen ausgeworfen. Sie sind bis zu einem gewissen Umfang in der Rinde oder in älterem Holze oder in dem Marke ausgeschieden, oder sie sind wirklich in lebenden Zellen eingebettet.

Das Vorkommen von krystallisirten Salzen, die in den Zellen der Pflanzen abgelagert sind, zeigen die beigegebenen Abbildungen. Fig. 23 stellt eine krystallisirte Concretion von oxalsaurem Kalk dar, welche sich in der Zelle eines Walnußblattes gebildet hat. (Payen, Chemie Industrielle, ff. Taf. XII.) Fig. 24 ist eine Masse von Kalksalzkrystallen aus dem Blattstengel einer Rhabarberpflanze. Fig. 25 sind ähnliche Krystalle aus der Zuckerrübe. In den Wurzeln einer Bohne fand Sachs einen Ring von Zellen, die Krystalle von schwefelsaurem Kalk enthielten. (Sitzungsberichte der Wiener Akademie 37, S. 106.)

Fig. 23.



Bailey beobachtete an gewissen Stellen der inneren Rinde der Locustbohnen eine Reihe von Zellen, von welchen jede einen Krystall enthielt. In der Zwiebelknolle und vielen anderen Pflanzen sind reichlich Krystalle vorhanden. (Gray's, Struct. Botany, 5th Ed., p. 59.)

Fig. 24.



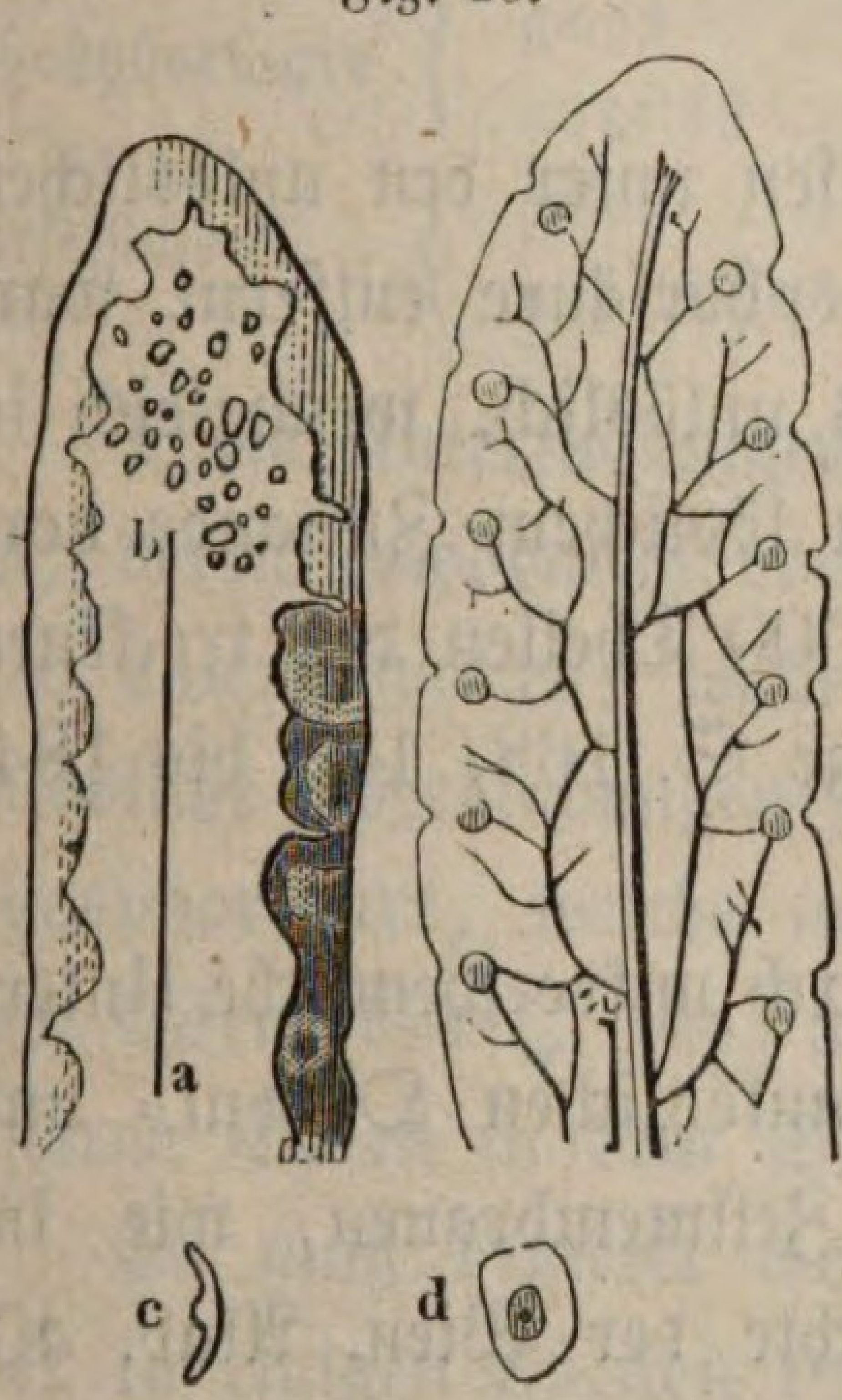
Fig. 25.



Es kommen Fälle vor, in welchen eine deutliche Ausscheidung von Mineralsubstanzen stattfindet, oder wenigstens eine Ausstoßung auf die Oberfläche. Kieselsäure wird, wie wir gesehen haben, oft in der Rinde gefunden, aber gewöhnlich ist sie in den Zellwänden eingebettet. In gewissen Pflanzen häufen sich Substanzen in beträchtlicher Menge außerhalb der

Rinde an. Ein schlagendes Beispiel liefert die Saxifraga crusta, eine niedere europäische Pflanze, welche sich auf Kalkboden findet. Die Blätter dieser Saxifraga sind ganz mit einer schuppigen Incrustation von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia überzogen. An den Spitzen der Blätter erlangen diese Incrustationen eine beträchtliche Dicke, wie dies bei Fig. 26 dargestellt ist. In einer Analyse, die Unger, dem wir diese Thatsache verdanken, von den frischen (ungetrockneten) Blättern gemacht hat, gaben diese an verdünnte Säure 4,14 Procent kohlensauren Kalk und 0,82 kohlensaure Magnesia ab.

Fig. 26.



Unger beobachtete bei der mikroskopischen Untersuchung, daß diese Ausscheidung der Carbonate aus einer Reihe von Drüsen, die sich bis an den Rand des Blattes ausdehnen und welche direct mit den Saftcanälen der Pflanzen verbunden sind, herrührte. (Sitzungsberichte der Wien. Akad. 43, S. 519.)

In Figur 26 stellt *a* das Aussehen des Blattes $4^1/_2$ mal vergrößert dar. An den Rändern sieht man die Schuppen von kohlensaurem Kalk, einige sind abgefallen und haben runde Grübchen an der Oberfläche des Blattes zurückgelassen; *c*, *d* stellen die Schuppen selbst dar, *c* im Profil; *b* zeigt ein durch eine Säure von seinen Incrustationen und durch Kalilauge von seiner Oberhaut befreites Blatt, um so die Adern (Saftgänge) und Drüsen zu zeigen, durch welche der kohlensaure Kalk vorzüglich seinen Lauf durch die Pflanze nimmt.

Die Verbindungen, in welchen die Aschenbestand-

theile vorkommen. Es ist keineswegs der Fall, daß die Aschenbestandtheile immer in den Formen sich in den Pflanzen befinden, in welchen sie uns sonst bekannt sind.

Arendt und Hellriegel haben die Verhältnisse der löslichen und unlöslichen Körper, der Erstere in der reifen Haferpflanze, der Letztere im Klee in verschiedenen Stadien des Wachsthums studirt.

Arendt zog nach sorgfältigem Mahlen aus den Blättern und dem Halme der Haferpflanze alle löslichen Körper durch wiederholte Waschungen mit Wasser aus*). Er fand, daß alle Schwefelsäure und alles Chlor löslich war. Der größere Theil von Kalk, Magnesia, Natron und Kali war löslich, obgleich ein Theil von jedem dieser Körper der Lösung entging. Eisenoxyd wurde in löslichem und unlöslichem Zustande gefunden.

In den Blättern wurde das Eisen unter den unlöslichen Körpern gefunden, nachdem alle Phosphorsäure entfernt war. Endlich war Kieselsäure größtentheils unlöslich, wenngleich in allen Fällen eine geringe Menge in löslichem Zustande vorkam, nämlich 3 bis 8 Theile in 10,000 Theilen der trockenen Pflanze. (Wachsthum der Haferpflanze S. 168, 183 bis 184. Siehe auch die Tafel auf S. 198.)

Weis und Wiesner haben durch mikro-chemische Untersuchungen gefunden, daß Eisen in unlöslichen Oxydul- und Oxydverbindungen sowohl in den Zellmembranen, wie im Zellinhalte vorkommt. (Sitzungsberichte der Wien. Akad. 40, S. 278.)

Hellriegel fand, daß in dem jungen Klee ein größeres Verhältniß von verschiedenen Basen löslich war, als in der reifen Pflanze.

*) Die löslichen Theile in dieser Weise aus den Körnern auszuziehen war unmöglich.

Als Regel geben die Blätter das Meiste an löslichen Körpern, die Blattstengel weniger und die Halme am wenigsten ab.

Er erhielt unter anderem folgende Resultate. (Vers.-Stat. IV, S. 59.) In 100 Theilen der nachbenannten festen Bestandtheile des Klees waren gelöst in dem Saft und nicht gelöst:

		In jungen Blättern	In völlig ausgewachsenen Blättern
Kali	gelöst	75,2	37,3
	ungelöst	24,8	62,7
Kalk	gelöst	69,5	72,4
	ungelöst	30,5	27,6
Magnesia	gelöst	43,6	78,3
	ungelöst	56,4	21,7
Phosphorsäure	gelöst	20,9	19,9
	ungelöst	79,1	80,1
Kieselsäure	gelöst	26,8	16,1
	ungelöst	73,2	83,9

Diese Untersuchungen zeigen, daß Natron und Kali, Körper, deren gewöhnlich vorkommende Verbindungen, ihre Silicate ausgenommen, leicht löslich in Wasser sind, zum Theil unlösliche Verbindungen in der Pflanze eingehen; während Phosphorsäure, welche unlösliche Salze mit Kalk, Magnesia und Eisen bildet, sich in leicht löslichen Verbindungen mit ersteren Basen in dem Safte findet.

Es muß bemerkt werden, daß Sulphate in der Pflanze oder in einigen Theilen derselben fehlen können, obgleich sie in der Asche gefunden werden. So fand Arendt in den unteren Gliedern der Haferhalme nach der Blüthe keine Sulphate, obgleich in den oberen Blättern in derselben Periode Schwefelsäure (SO_3) beinahe 7 Procent der Gesammt-Aschenbestandtheile ausmachte. (Wachsthum der Haferpflanze S. 157.)

Ulbricht fand, daß die Sulphate in den unteren Blättern und Stengeln des rothen Klees vollständig zu der Zeit fehlten, wo sie in den oberen Blättern und Blüthen vorhanden waren.

(Vers.-Stat. IV, S. 30, Tabelle.) Beide, Arendt und Ulbricht, beobachteten, daß in allen Theilen der Pflanzen, die sie untersuchten, Schwefel vorkam; in den eben genannten Theilen war er indessen nicht mehr mit Sauerstoff verbunden, sondern war zweifellos der integrirende Theil eines Albuminates oder einer anderen complexeren organischen Verbindung geworden. So enthielt der Haferhalm in der oben genannten Periode eine Schwefelmenge, welche bis 14 Procent der unverbrennlichen Bestandtheile betragen hätte, wenn sie in Schwefelsäure umgewandelt worden wäre. Zu der Zeit, als die Kleeblätter völlig frei von Sulphaten waren, befand sich eine Schwefelmenge in denselben, die in Form von Schwefelsäure 13,7 Procent der Aschenbestandtheile oder 1 Procent des trockenen Blattes selbst ausgemacht haben würde*).

Andere Aschenbestandtheile. Salm-Horstmar hat einige Versuche beschrieben, aus denen hervorging, daß Spuren von Lithion und Fluor (das letzte als Fluorkalium) unentbehrlich zur Befruchtung der Gerste sind. (Journ. für prakt. Chem. 84, S. 140.) Derselbe Beobachter war einige Jahre vorher zu dem Schluß gekommen, daß eine Spur von Titansäure ein nothwendiger Bestandtheil der Pflanzen sei. Spätere Resultate bei Wasserculturen haben diese Schlüsse als irrig widerlegt.

---

*) Arendt war der Erste, der in vegetabilischen Substanzen mit Sicherheit Schwefelsäure bestimmte und sie von dem Schwefel in organischen Verbindungen sonderte. Dieser Chemiker bestimmte die Schwefelsäure der Haferpflanze, indem er das gepulverte Material mit angesäuertem Wasser auszog. Er bestimmte außerdem den Gesammtschwefelgehalt nach einer besonderen Methode, und indem er den Schwefel der Schwefelsäure von dem Gesammtschwefel abzog, erhielt er als Differenz den Theil des Schwefels, der den Albuminaten &c. angehört. Ulbricht folgte bei seinen Kleeanalysen einem ähnlichen Plan. (Vers.-Stat. IV, S. 147.)

Wie bereits früher bemerkt, sind viele der älteren Analysen in Bezug auf Schwefel und Schwefelsäure durchaus unzuverlässig.

Mulder (in seiner Chemie der Ackerkrume II, 341) hat indessen eingeräumt, daß das Mißrathen gewisser Pflanzen nach lange fortgesetztem Anbau auf demselben Boden von einer Erschöpfung einiger dieser weniger häufigen und gewöhnlich übersehenen Körper herrühren möchte. Der Boden wird nicht selten kleekrank, das heißt er versagt selbst mit reichlichster Düngung gute Ernten zu liefern. In Vaucluse hat nach Mulder die Krappernte eine solche Verschlechterung in der Qualität erlitten, daß der Farbstoff sich um ein Viertel vermindert hat, ein offenbares Resultat des lang anhaltenden Anbaues auf demselben Boden, obgleich die Saat jährlich aus Kleinasien erneuert und große Sorge auf ihre Cultur verwendet wurde. Das neu entdeckte Element Rubidium hat man in der Zuckerrübe, im Taback, Kaffee, Thee und in der Traube gefunden. Es kommt ohne Zweifel, vielleicht auch mit Cäsium, in vielen anderen Pflanzen, obgleich nur in Spuren, vor*).

„Man kann wohl kaum zugeben, wie Mulder und Andere, daß den hier aufgeführten selteneren Elementen irgend ein bestimmter Einfluß auf das Gedeihen landwirthschaftlicher Gewächse eingeräumt werde; ob das Fluor, welches als ein Bestandtheil der Knochen und des Emails der Zähne, für die Bildung der Knochen als nothwendig angesehen werden muß, ein zufälliger Bestandtheil der Pflanzen ist, der als Begleiter der Phosphorsäure auftritt, wie die übrigen hier genannten Elemente zufällige Begleiter der Alkalien sind, steht dahin."

„Die Wasserculturen haben diese unwahrscheinlichen und die praktische Agriculturchemie nur auf Abwege leitenden Hypothesen beseitigt. Nirgends finden wir in der Natur das große

*) Seit das Obige geschrieben, haben Birner und Lucanus gefunden, daß diese Körper in Abwesenheit von Kali als Gifte auf Hafer wirken. (Vers.-Stat. VIII, S. 147.)

Leben an kleine Zufälligkeiten geknüpft, und hätten die Elemente in Spuren wirklich eine untergeordnete Bedeutung, so würden diese jedesmal sich in hinreichender Menge in den Alkalien, die wir bei unserem praktischen Betrieb ersetzen müssen, hinreichend finden, und sie bieten daher keinen Raum für künstliche Erklärungen von Pflanzenkrankheiten, außer für Leute, die an Homöopathie glauben." (Der Uebersetzer.)

Die neueren Untersuchungen von A. Braun und von Risse (Sachs, Exp. Physiologie 153) zeigen, daß Zink ein gewöhnlicher Bestandtheil von Pflanzen ist, die auf Zinkminen, wo der Boden kohlensaures und kieselsaures Zink enthält, wachsen. Gewisse bezeichnende Pflanzen sind diesem Boden eigenthümlich und scheinen von demselben erzeugt zu sein, wie Viola tricolor, var. calaminaris*) und Thlapsi alpestre, var. calaminaris. In der Blätterasche der letzteren Pflanze fand Risse 13 Procent Zink, in anderen Pflanzen fand er 0,3 bis 3,3 Procent.

Kupfer wird häufig in den Pflanzenaschen gefunden, ebenso sind andere Elemente, wie Arsenik, Baryt und Blei entdeckt worden, es ist aber keineswegs bewiesen, daß irgend eine von diesen Substanzen für die landwirthschaftlichen oder andere Pflanzen von Bedeutung ist. Dasselbe gilt für Jod; obgleich ein nie fehlender und wahrscheinlich nothwendiger Bestandtheil vieler Seegewächse (Algen), ist es nicht bekannt, daß es in beachtenswerther Ausdehnung oder daß es wesentlich für irgend eine cultivirte Pflanze ist.

§ 4.

Die Functionen der Aschenbestandtheile.

Man weiß nur wenig Sicheres über diesen Gegenstand.

Sulphate. Die Albuminate, welche Schwefel als wesentlichen Bestandtheil enthalten, können offenbar nicht bei

*) Von einigen Botanikern als eine besondere Species gerechnet.

Abwesenheit von Schwefelsäure erzeugt werden, welche, so viel wir wissen, die einzige Quelle des Schwefels für die Pflanzen ist. Die schwefelhaltigen Oele der Zwiebeln, des Senfs, des Rettigs, der Turnips ꝛc. erfordern ebenfalls Sulphate zu ihrer Bildung.

Phosphate. Das phosphorhaltige Oel (Protagon) erfordert zu seiner Entstehung, daß Phosphate oder irgend eine Quelle von Phosphor der Pflanze zu Gebote stehe. Die physiologischen Functionen der Phosphate, die so reichlich in den Cerealien vorkommen, erlauben eine theilweise Erklärung. Die löslichen Albuminate, welche in den Blättern gebildet wurden, müssen von da durch die Zellen und Saftgänge des Stengels in die wachsenden Theile der Pflanze und in die Samen gehen, wo sie sich in großer Menge aufhäufen. Die Albuminate durchdringen die Membranen in reinem Zustande mit großer Schwierigkeit und Langsamkeit. Nach Schuhmacher (Physik der Pflanze, S. 128) beschleunigt phosphorsaures Kali die Diffusion des Albumins und erleichtert so die Wanderung desselben in der Pflanze.

Alkalien und alkalische Erden. Die organischen Säuren, wie Oxalsäure, Aepfelsäure, Weinsäure, Citronensäure ꝛc., erfordern Alkalien und alkalische Erden, um die Salze, die in der Pflanze vorkommen, wie doppeltweinsaures Kali in der Traube, oxalsaurer Kalk in der Zuckerrübe, äpfelsaurer Kalk im Taback, zu bilden; ohne die Basen ist es wahrscheinlich in den meisten Fällen unmöglich, daß Säuren gebildet werden können, obgleich in der Orange und Citrone Citronensäure auch in freiem Zustande unverbunden vorkommt. In verschiedenen Pflanzen, wie Sempervivum arboreum und Cacalia ficoides, werden in der Nacht Säuren gebildet, welche am Tage verschwinden. Die Blätter dieser Pflanze sind sauer am Morgen, geschmacklos am Mittag und bitter in der Nacht (Heine und Link).

Kieselsäure. Die Functionen der Kieselsäure bei Gräsern, Binsen, Equiseten scheinen zum Zwecke zu haben, den dünnen Halmen dieser Pflanzen mehr Stärke zu geben und dieselben zu befähigen, das oft schwere Gewicht der Frucht zu tragen. Zwei Umstände erschweren die unbeschränkte Annahme dieser Ansicht; der erste ist, daß das Verhältniß der Kieselsäure nicht in den Theilen der Pflanze am größten ist, welche nach dieser Anschauung am meisten ihre Gegenwart erforderten. So fand Norton (Ann. Journ. of Science [2], vol. 111, p. 235. 236), daß in dem Sandhafer die obere Hälfte der trockenen Blätter 16,2 Procent Asche lieferte, während die untere Hälfte nur 13,6 Procent gab. Die Asche der oberen Theile enthielt 52,1 Procent Kieselsäure, während die vom Boden nur 47,8 Procent dieses Bestandtheils hatte. Nach Arendt (Das Wachsthum der Haferpflanze, S. 180) enthalten die verschiedenen Theile des Hafers folgende Mengen Kieselsäure:

Betrag der Kieselsäure in 1000 Theilen Trockensubstanz.

	Ausgezogen durch Wasser	Unlöslich in Wasser	Im Ganzen
Unterer Theil des Halmes	0,33	1,4	1,7
Mittlerer „ „ „	0,30	4,8	5,1
Oberer „ „ „	0,36	13,0	13,3
Untere Blätter	0,86	34,3	35,2
Obere „	0,52	43,3	43,8

Wir sehen daraus klar, daß der obere Theil des Stengels und der Blätter mehr Kieselsäure als die unteren Theile enthalten, während die unteren Theile die größte Stärke besitzen sollten.

Wir dürfen jedoch nicht vergessen, wie Knop richtig bemerkt, daß der untere Theil der Blätter der meisten Cerealien und Gräser, welche den Stengel wie eine Scheide einhüllen,

in Wirklichkeit ebenso wohl die Stütze der Pflanze oder sogar noch mehr sind als der Stengel selbst.

Die Resultate von vielen Versuchen in Wasserculturen bei Sachs, Knop, Wolf und Anderen (siehe S. 203), in welchen die Kieselsäure auf ein Minimum reducirt war ohne Benachtheiligung der Entwicklung der Pflanzen, die gewöhnlich reich daran sind, scheinen darzuthun, daß die Kieselsäure nicht wesentlich zu der Steifigkeit des Stengels beiträgt.

Wolf versichert uns aufs Bestimmteste, daß von ihm gezogene Mais- und Haferpflanzen in beinahe von Kieselsäure freien Lösungen so stark im Halm waren und ebensowenig zum Lagern neigten als die, welche im Felde wuchsen.

„Wenn man in Betracht zieht, daß die oben erwähnte Vertheilung der Kieselsäure durch die von Knop bemerkte Umhüllung der Halme durch die sehr kieselsäurereichen Blätter als Beweis für die Unwesentlichkeit dieses Bestandtheils sehr abgeschwächt wird, wenn man ferner in Betracht zieht, daß die Wasserpflanze bis zu ihrem vollendeten Wachsthum unter zum Theil sehr günstigen Verhältnissen, vollem Zutritt des Lichtes, Schutz vor heftigem Regen und Wind, welches die Kräftigung der Cellulose begünstigt, sich ausbildet, so ist der Beweis der ebenso kräftigen Pflanze noch nicht geliefert. Bei einer einzeln stehenden Haferpflanze im Felde kommt eine Lagerung gar nicht vor, selbst bei sehr ungünstigen Verhältnissen, weil dann der Halm eine Stärke erreicht, die niemals bei einer Wasserpflanze vorkommt, und wir dürfen uns nur einen gleichen Schluß erlauben, wenn alle anderen Bedingungen die gleichen waren, was hier nicht der Fall ist.

Wir suchen übrigens, wie schon bei der Frage über die Nothwendigkeit der Kieselsäure erörtert, die Functionen derselben auch darin, daß die wie ein feiner Lack die Halme und Blätter überziehende Kieselsäureablagerung als ein Schutz gegen äußere

schädliche Einflüsse, wie Pilze, Insecten, und bei reifen Samen selbst gegen das rasche Eindringen von Feuchtigkeit ꝛc. ꝛc. dient.“ (Der Uebersetzer.)

Chlor. Es wurde erwähnt, daß Nobbe wie Leydecker gefunden haben, daß Buchweizen bis zur Zeit der Blüthe ganz gut ohne Chlor wächst. Von dieser Zeit an erschienen beim Fehlen von Chlor in der Entwicklung der Pflanze merkwürdige Anomalien. Im gewöhnlichen Laufe der Vegetation bleibt die Stärke, welche in den reifen Blättern gebildet ist, nicht in großer Menge in denselben, sondern sie wird in die jüngeren Organe und besonders in die Samen übergeführt, wo sie sich auch in großer Menge anhäuft.

In den Versuchen ohne Chlor von Nobbe und Leydhecker wurden die Terminalknospen durch außerordentliche Entwicklung der Zellgewebe dick und fleischig, gleichzeitig rollten sie sich zusammen und fielen endlich bei geringer Erschütterung ab. Der Stengel wurde knotig, die Verdunstung von Wasser war unterdrückt, die Blüthen welkten ohne Befruchtung, und die Pflanze starb frühzeitig. Die fleischigen Blätter waren voll von Stärkekörnern, und es schien, daß durch die Abwesenheit von Chlor die Ueberführung der Stärke aus den Blättern zu den Blüthen und der Frucht unmöglich gemacht war; mit anderen Worten, Chlor (in Verbindung mit Kali oder Kalk) schien thatsächlich als ein Mittel zur Ueberführung dazu nothwendig zu sein. Knop glaubt dagegen, daß diese Erscheinungen von anderen Ursachen herrühren, und daß Chlor nicht wesentlich ist zur Vollendung des Buchweizensamens.

Wir möchten denn doch hier aufmerksam machen, daß ein geringer Gehalt von Kochsalz bei den landwirthschaftlichen Futterpflanzen sehr nützlich ist, weil Chlor ein nothwendiger Bestandtheil der thierischen Nahrung ist, da es bei

den Verdauungssäften im Magen und als Kochsalz im Blute eine so hervorragende Rolle spielt, und weil die Versorgung der Thiere mit diesem Körper aus anderen Quellen denselben nicht überall zu Gebote steht. Für landwirthschaftliche, insbesondere für Futterpflanzen, hat daher der Kochsalzgehalt der Pflanzen eine gewisse Bedeutung, wenn wir auch das Kochsalz immer noch neben dem Futter reichen müssen."

(Der Uebersetzer.)

Eisen. Wir besitzen einige interessante Thatsachen, welche auf die Functionen dieses Metalles Licht zu werfen scheinen. Beim Fehlen dieses Elementes verlieren die Blätter ihre natürliche grüne Farbe und werden selbst im vollen Sonnenlicht blaß oder weiß. Bei Abwesenheit des Eisens kann eine Pflanze ihre Knospen auf Kosten der bereits organisirten Substanzen entfalten, wie die Kartoffel in dunklem Keller ihre Keime wachsen läßt, oder in der Weise der Schwämme und der meisten vegetabilischen Parasiten; aber die so entwickelten Blätter sind unfähig, Kohlenstoff zu assimiliren, und ein wirkliches Wachsthum mit Vermehrung des Gewichts ist unmöglich. Salm-Horstmar zeigte, daß Pflanzen, welche in Boden oder Medien, denen das Eisen fehlt, wachsen, sehr blaß in der Farbe sind, und daß die Zuführung eines Eisensalzes ihnen sehr schnell ein gesundes Grün giebt. Sachs fand, daß bei Maiskeimlingen, die in eisenfreien Lösungen keimten, die ersten drei und vier Blätter grün, mehrere folgende an der Basis weiß und an der Spitze grün waren und später vollständig weiße Blätter entfalteten. Bei Zugabe weniger Tropfen Eisenvitriol oder Eisenchlorid zu der Nährflüssigkeit waren die Blätter in 24 Stunden völlig verändert, und in 3 bis 4 Tagen erlangte die Pflanze eine tiefe lebhaft grüne Farbe. Nachdem sie später in eine eisenfreie Lösung eingesetzt wurde, entwickelte sie wiederum vollständig weiße Blätter, und diese erhielten wieder durch Zufügung von Eisen ihre normale Farbe.

E. Gries war der Erste, den Grund dieser Wirkung zu erkennen; er fand zuerst (im Jahre 1843), daß, wenn man die Wurzeln der Pflanze mit einer Lösung von Eisen bewässerte oder wenn er eine solche Lösung äußerlich auf die Blätter brachte, sich in Kurzem eine grüne Farbe bildete, wo sie vorher gefehlt hatte. Durch mikroskopische Untersuchungen fand er, daß bei Abwesenheit von Eisen das Protoplasma der Blätterzellen eine farblose gelbe Masse bleibt ohne sichtbare Organisation. Unter dem Einfluß von Eisen beginnen auf einmal die Chlorophyllkörner zu erscheinen und ihre verschiedenen normalen Entwicklungsstadien zu durchlaufen. Wir wissen, daß die Kraft der Blätter, Kohlensäure zu zersetzen und Kohlenstoff zu assimiliren, in den Zellen, die Chlorophyll enthalten, oder, wir können sagen, in den Chlorophyllkörnern selbst wohnt. Wir verstehen daher nun, wie bei Abwesenheit von Eisen, welches zur Bildung von Chlorophyll unentbehrlich ist, weder ein gehöriges Wachsthum, noch eine Vergrößerung auf Kosten der äußeren atmosphärischen Pflanzennahrung stattfinden kann.

Risse, unter Sachs' Leitung (Exp. Physiologie 143), zeigte, daß Mangan nicht die Stelle des Eisens für die eben beschriebenen Functionen einnehmen kann.

Functionen der anderen Aschenbestandtheile. Von der besonderen Verwendung der anderen fixen Mineralbestandtheile wissen wir wenig. Es scheint über allen Zweifel bewiesen, daß Kali, Kalk und Magnesia unentbehrlich für das Leben und die Gesundheit der Thiere sind, und da alle den hauptsächlichsten Theil ihres Unterhaltes aus der Pflanzenwelt ziehen, so ist es klar, daß diese Substanzen Bestandtheile der Pflanzen sein müssen, um die letzteren für ihre nährenden Wirkungen geeignet zu machen; warum aber keine vegetabilische Pflanzenzelle ohne Kali sich bilden kann, warum Kalk und

Magnesia unerläßliche Bedingungen für die Pflanzen, sind wir noch nicht im Stande zu begreifen.

Drittes Kapitel.

§ 1.

Quantitative Beziehungen zwischen den Pflanzenbestandtheilen.

Es sind verschiedene Versuche gemacht worden, bestimmte in Zahlen ausdrückbare Verhältnisse zwischen gewissen bestimmten Bestandtheilen der Pflanze aufzustellen.

Aequivalente Vertretung der Basen. Im Jahre 1840 nahm Liebig in seiner „Chemie in Anwendung auf Agricultur" an, daß verschiedene Basen sich gegenseitig in äquivalenten Mengen ersetzen könnten, d. h. im Verhältniß ihrer Moleculargewichte, und daß, wenn dieses der Fall, die Unregelmäßigkeiten, die man in den Analysen bemerkte, verschwinden würden, wenn die letzteren in dieser Weise betrachtet würden.

Liebig benutzte zwei Aschenanalysen von Föhrenholz und Fichtenholz, die von Berthier und Saussure gemacht waren, als Beweis der Richtigkeit dieser Theorie. In der Föhre von Mont Brevent war kohlensaure Magnesia gegenwärtig, in der von Mont La Salle war sie abwesend. In der ersteren kam nur halb soviel kohlensaures Kali als in der letzteren vor. In beiden fand sich indessen dieselbe Gesammtmenge von kohlensauren Alkalien und Erdalkalien, und der Sauerstoffgehalt der Basen war in diesen beiden Fällen gleich. Da die ungleichen aber äquivalenten Mengen Kali, Kalk und Magnesia dieselben Mengen Sauerstoff enthalten, so ersetzen sich in dem fraglichen

Falle die Basen in äquivalenten Verhältnissen. Dasselbe traf bei der Asche von Fichtenholz von Allevard und von Norwegen ein.

Bei Anwendung dieses Princips in anderen Fällen bewährte es sich indessen offenbar häufig nicht. Die Thatsache, daß die Pflanze zufällige oder unwesentliche Bestandtheile enthält, macht es klar, daß, so richtig auch das Gesetz von Liebig sein mag, auf die Substanzen angewendet, die wirklich an den Lebensfunctionen Antheil nehmen, es doch deswegen schon unmöglich ist, das Gesetz aus den Resultaten der Analyse abzuleiten.

Beziehungen der Phosphate zu den Albuminaten. Liebig nimmt gleichfalls an, daß bestimmte Beziehungen zwischen der Phosphorsäure und Albuminaten der reifen Körner vorkommen und bestehen müssen. Daß diese Beziehungen keine constanten sind, ergiebt sich klar aus der folgenden Zusammenstellung von Angaben, die bis jetzt in Bezug auf diese Frage erlangt wurden. In der Tafel ist der Betrag des Stickstoffes (N), welchen die Albuminate (siehe S. 112), die in den verschiedenen Analysen von Roggen und Weizen gefunden worden, repräsentiren, mit dem der Phosphorsäure verglichen, die letztere als Einheit genommen.

				PO_5 : N
In	7	Proben	von Roggenkörnern fanden Fehling und Feißt das Verhältniß von PO_5 zu N schwanken von	1 : 1,97—3,06
„	11	„	fand Mayer	1 : 2,04—2,38
„	5	„	„ Bibra	1 : 1,68—2,81
„	6	„	„ Siegert	1 : 2,35—2,96
„	28	„	„ die größten Schwankungen	1 : 1,68—3,06
„	2	„	von Weizenkörnern fanden Fehling und Feißt	1 : 2,71—2,86
„	11	„	fand Mayer	1 : 1,83—2,19
„	2	„	„ Zöller	1 : 2,02—2,16
„	30	„	„ Bibra	1 : 1,87—3,55
„	6	„	„ Siegert	1 : 2,30—3,33
„	51	„	„ die größten Schwankungen	1 : 1,183—3,55

Siegert, der diese Angaben (Vers.-Stat. III, 147) gesammelt hat und Versuche über den Einfluß von phosphorsäure- und stickstoffhaltigem Dünger auf die Zusammensetzung des Weizens und Roggens machte, giebt als allgemeines Resultat seiner speciellen Versuche an, daß Phosphorsäure und Stickstoff in keinem festen Verhältniß zu einander stehen. Stickstoffhaltige Dünger vermehren den Stickstoffgehalt und vermindern den Gehalt an Phosphorsäure.

Andere Beziehungen. Alle Versuche, einfache und feste Verhältnisse zwischen anderen Bestandtheilen der Pflanze, wie zwischen Stärke und Alkalien, Cellulose und Kieselsäure rc. rc. aufzufinden, haben sich als fruchtlos erwiesen.

Es ist vielmehr nachgewiesen, daß die Verhältnisse der Bestandtheile fortwährend von Tag zu Tag wechseln, ebenso wie die relative Masse der einzelnen Organe selbst beständigen Veränderungen unterliegt.

Bei Annahme obiger Schlußfolgerungen ist damit keineswegs bewiesen, daß solche genetische Beziehungen zwischen Phosphaten und Albuminaten oder zwischen Stärke und Alkalien, wie Liebig angenommen, und wie zu beweisen sich verschiedene Beobachter bemühten, nicht bestehen, sondern einfach nur, daß sie nicht aus den Analysen der Pflanzen sich direct beweisen lassen.

§ 2.

Die Zusammensetzung der Pflanzen in verschiedenen Wachsthumsperioden.

Wir haben bisher die Zusammensetzung der Pflanzen meist in einem relativen Sinne betrachtet und haben keinen Vergleich zwischen den absoluten Mengen ihrer Bestandtheile in verschiedenen Stadien des Wachsthums gezogen. Wir haben eine Reihe von getrennten Uebersichten der ganzen Pflanze er-

halten, oder von ihren Theilen in einer bestimmten Periode ihres Lebens, oder wenn sie gewissen Bedingungen unterworfen war, und haben so versucht die Eigenthümlichkeiten dieser Perioden zu ermitteln und den Einfluß dieser Bedingungen kennen zu lernen. Es bleibt nun zu versuchen, diese Skizzen einigermaßen in ein übersichtliches Bild zu vereinigen, um eine Vorstellung von der Zusammensetzung der Pflanze in den auf einander folgenden Stufen ihrer Entwicklung zu geben. Wir erhalten so eine Einsicht in das Maß und die Art ihres Wachsthums und bekommen Zahlen, die eine große Tragweite für die Bedürfnisse ihrer vollständigen Ernährung haben. Für diesen Zweck müssen wir uns nicht allein über die relative (procentische) Zusammensetzung der Pflanze und ihrer Theile in verschiedenen Zeitabschnitten ihrer Vegetation, sondern wir müssen uns auch über die Gesammtmenge eines jeden Bestandtheils in diesen Perioden unterrichten.

Wir werden von den vorhandenen Angaben diejenigen, auswählen, welche die Zusammensetzung der Haferpflanze zeigen. Nicht nur die Aschenbestandtheile, sondern auch die organischen Bestandtheile werden, so weit unsere Kenntnisse reichen und der Raum es erlaubt, berücksichtigt werden.

Die Zusammensetzung und das Wachsthum der Haferpflanze können als der Typus einer wichtigen Classe landwirthschaftlicher Pflanzen dienen, der Cerealien nämlich — Pflanzen, die ihr Leben in einem Sommer vollenden, und die eine große Menge nahrhafter Samen, das werthvollste Resultat ihrer Cultur, liefern. Die Haferpflanze wurde zuerst in ihren verschiedenen Theilen und zu verschiedenen Zeiten ihrer Entwicklung durch Prof. J. Pitkin-Norton vom Yale College studirt. Seine mühevollen Untersuchungen, die er im Jahre 1846 in Trans. Highland and Agr. Soc. 1845—1847 und Am. Journ. of Science and Arts Vol. 3, 1847 veröffentlichte, bildeten den ersten Fortschritt gegenüber

den vereinzelten und unzusammenhängenden Analysen, welche bis dahin die Leitpunkte für den landwirthschaftlichen Physiologen gewesen waren.

Aus verschiedenen Gründen war indessen die Arbeit von Norton unvollständig. Die analytischen Methoden, die von ihm angewendet wurden, obgleich damals die besten, die man kannte, und mit großem Geschick von ihm gehandhabt, waren nicht geeignet, zuverlässige Resultate in allen Einzelheiten zu liefern. Vierzehn Jahre später nahmen Arendt*) in Möckern und Bretschneider**) in Saarau zu gleicher Zeit, aber unabhängig von einander, den Gegenstand wieder auf, und wir verdanken ihren Arbeiten die folgenden Zahlen und Schlußfolgerungen.

Hier folgen die Angaben der Perioden, in welchen die Pflanzen zur Analyse genommen wurden.

1. Periode	Juni 18.	Arendt. Drei untere Blätter entfaltet, zwei obere noch geschlossen.
	„ 19.	Bretschneider. Vier bis fünf Blätter entwickelt.
2. Periode	„ 30. (12 Tage).	Arendt. Kurz bevor die Pflanzen voll in Aehren treten.
	„ 29. (10 Tage).	Bretschneider. Die Pflanzen waren in Rispen.
3. Periode	Juli 10. (10 Tage).	Arendt. Gleich nach der Blüthe.
	„ 8. (9 Tage).	Bretschneider. In voller Blüthe.
4. Periode	„ 21. (11 Tage).	Arendt. Im Beginn der Reife.
	„ 28. (20 Tage).	Bretschneider. Im Beginn der Reife.
5. Periode	„ 31. (10 Tage).	Arendt. In voller Reife.
	Aug. 6. (9 Tage).	Bretschneider. In voller Reife.

Man sieht, daß die Perioden, obgleich etwas verschieden in der Zeit, doch in der Entwicklung der Pflanzen beinahe

*) Wachsthumsverhältnisse der Haferpflanze. (Journ. für prakt. Chemie, 76, 193.)

**) Das Wachsthum der Haferpflanze (Leipzig, 1859).

vollkommen übereinstimmen. Es muß bemerkt werden, daß Arendt sorgfältig üppige Pflanzen von gleicher Größe ausgesucht hatte, um gleichförmiges Material zu analysiren (siehe S. 234), und es unterließ, die Ernte von einer gegebenen Bodenfläche zu berücksichtigen. Bretschneider dagegen untersuchte das Gesammtproduct einer Quadratruthe. Das erstere Verfahren ist am besten zum Studium der Zusammensetzung einer wohl ernährten einzelnen Pflanze; das letztere giebt eine richtigere Ansicht der Gesammternte.

Der ungleiche Charakter des Materials, wie eben angedeutet, ist nur eine der verschiedenen Ursachen, welche machen, daß die zwei Beobachtungsreihen nicht ganz übereinstimmen. Ebenso beeinflußt die Verschiedenheit des Bodens, des Wetters und der Saat nothwendig die relative wie absolute Entwicklung der zwei Früchte. Die Resultate sind nichtsdestoweniger in vielen Einzelheiten in schlagender Uebereinstimmung. In allen Fällen sind und konnten die Wurzeln nicht in der Untersuchung mit einbegriffen sein, indem es unmöglich ist, sie von anhängender Erde zu befreien.

Das Totalgewicht der Ernte per Acre war an dem Ende jeder Periode wie folgt:

Tafel I. Bretschneider.

1. Periode	6,358	Pfund.
2. Periode	10,603	"
3. Periode	16,623	"
4. Periode	14,981	"
5. Periode	10,622	"

Die Gewichtsmengen des Wassers und der Trockensubstanz für alle, außer der zweiten Periode, deren Material zufällig verloren ging, waren:

Tafel II. Bretschneider.

	Trockensubstanz in Pfunden per Acre	Wasser in Pfunden per Acre
1. Periode	1,284	5,074
3. Periode	4,383	12,240
4. Periode	5,427	9,554
5. Periode	6,886	3,736

1) Auf Tafel I. sieht man, daß das Gewicht der lebenden Pflanze vor oder in der Zeit der Blüthe*) am größten ist. Nach dieser Periode vermindert sich das Totalgewicht, wie es sich vorher vermehrt hat.

2) Auf Tafel II. tritt es deutlich hervor, daß die organischen Gewebe (Trockensubstanz) sich ununterbrochen im Gewicht bis zur Reife der Pflanze vermehren und daß

3) der Verlust nach der dritten Periode ausschließlich auf Vegetationswasser fällt. Zur Zeit der Blüthe hat die Pflanze ihr größtes absolutes Gewicht an Wasser, während die geringste Menge dieses Bestandtheils bei voller Reife gefunden wird.

Nehmen wir die Differenz der Gewichte zwischen je zwei Perioden, so erhalten wir:

Die Vermehrung oder Abnahme an Trockensubstanz und Wasser während jeder Periode.

Tafel III. Bretschneider.

	Trockensubstanz in Pfunden per Acre		Wasser in Pfunden per Acre	
1. Periode . .	1,284	Zunahme	5,073	Zunahme
3. Periode . .	3,099	„	7,166	„
4. Periode . .	1,044	„	2,684	Abnahme
5. Periode . .	1,459	„	5,820	„

*) Bei Arendt's Experimenten in der Zeit des Schossens = dritte Periode.

Theilt man die obigen Mengen durch die Zahl der Tage in jeder Periode, so erhält man:

Den Durchschnitt der täglichen Zunahme oder Abnahme während jeder Periode.

Tafel IV. Bretschneider.

	Trockensubstanz			Wasser		
1. Periode	22	Pfd.	Zunahme	87	Pfd.	Zunahme
3. Periode	163	"	"	382	"	"
4. Periode	65	"	"	167	"	Abnahme
5. Periode	112	"	"	447	"	"

4) Tafel III. und besonders Tafel IV. zeigen, daß die Zunahme der organischen Substanz bei Bretschneider's Hafer rasch in und vor der Blüthe (bei Arendt beim Schossen der Aehren) stattfand.

Dieses war die Periode des kräftigsten Wachsthums. Nachher verminderte sich das Maß des Wachsthums um mehr als die Hälfte, und bei der späteren Periode stieg die Zunahme wieder, aber nicht zum Maximum.

Absolute Menge von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Asche der trockenen Hafer-ernte am Schluß der verschiedenen Perioden (in Pfunden per Acre).

Tafel V. Bretschneider.

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Asche*)
1. Periode	593	80	455	46	110
3. Periode	2,137	286	1,575	122	263
4. Periode	2,600	343	2,043	150	291
5. Periode	3,229	405	2,713	167	372

*) In Bretschneider's Analysen bedeutet Asche den Rückstand, der nach sorgfältigem Verbrennen der Pflanze bleibt. Bei Arendt's Untersuchungen wurde der Schwefel und das Chlor in der unverbrannten Pflanze bestimmt.

Relative Mengen von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff (organischer Substanz) und Asche in dem trockenen Hafer am Ende der verschiedenen Perioden (in Procenten).

Tafel VI. Bretschneider.

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	(Organische Substanz)	Asche
1. Periode	46,22	6,23	35,39	3,59	91,43	8,57
3. Periode	48,76	6,53	35,96	2,79	94,04	5,96
4. Periode	47,91	6,33	37,65	2,78	94,67	5,33
5. Periode	46,89	5,88	39,40	2,43	94,60	5,40

Relative Mengen des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Sauerstoffs und Stickstoffs der Trockensubstanz nach Abzug der etwas wechselnden Mengen Asche (in Procenten).

Tafel VII. Bretschneider.

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff
1. Periode	50,55	6,81	38,71	3,93
3. Periode	51,85	6,95	38,24	2,86
4. Periode	50,55	6,96	39,83	2,93
5. Periode	49,59	6,21	41,64	2,56

5) Die Tafeln V., VI. und VII. zeigen, daß, während die absoluten Mengen der Elemente der trockenen Haferpflanze fortwährend bis zur Reife zunehmen, sie sich doch nicht in gleichen Verhältnissen vermehren. Mit anderen Worten, die Pflanze erfordert so zu sagen einen Wechsel der Diät bei dem Fortschreiten des Wachsthums. Sie zeigen ferner, daß Stickstoff und Asche verhältnißmäßig reichlicher in der jungen Pflanze sind als in der reifen; mit anderen Worten, das Maß der Assimilation von Stickstoff und der Aschenbestandtheile tritt gegen die Assimilation von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zurück. Oder anders ausgedrückt, die Pflanze bildet, wenn sie sich der Reife nähert, verhältnißmäßig mehr Kohlenhydrate und verhältnißmäßig weniger Albuminate.

Die eben angedeuteten Verhältnisse erscheinen deutlicher, wenn wir die Quantitäten von Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, die während jeder Periode assimilirt werden, mit einander vergleichen.

Wir berechnen sie zu diesem Zwecke, indem wir den gleichzeitig assimilirten Kohlenstoff zu 100 annehmen.

Tafel VIII. Bretschneider.

	Kohlenstoff	Stickstoff	Wasserstoff	Sauerstoff
1. Periode	100	7,8	13,4	73,6
3. Periode	100	4,9	13,3	72,5
4. Periode	100	6,1	12,3	100,8
5. Periode	100	2,6	10,6	106,5

Aus der Tafel VIII. sehen wir, daß die Wasserstoffmenge, mit Kohlenstoff verglichen, sich regelmäßig mit dem Reifen der Pflanze vermindert, daß der Stickstoff von der Kindheit der Pflanze an stark abnimmt bis zur vollen Blüthe, dann auffallend zunimmt während der ersten Stadien des Reifwerdens und zuletzt auf ein Minimum sinkt. Das Verhältniß des Sauerstoffs zum Kohlenstoff ist während der ersten und dritten Periode gleich, vergrößert sich aber auffallend während der vollen Blüthezeit bis zur Reife der Pflanze.

Wie schon bemerkt, findet die größte absolute Assimilation aller Bestandtheile — das rascheste Wachsthum — in der Zeit des Hervorbrechens der Rispen (Schossens) oder in der Blüthezeit statt.

In dieser Periode werden alle flüchtigen Elemente in beinahe gleichem Verhältniß und in gleichem Maße mit den unverbrennlichen Substanzen (Asche) absorbirt. In der ersten Periode werden Stickstoff und Asche, in der vierten Periode Stickstoff und Sauerstoff, in der fünften Periode Sauerstoff und die Aschenbestandtheile in größter Menge aufgenommen.

Dies zeigt sich deutlich, wenn man für jede Periode die tägliche Zunahme jedes Bestandtheils berechnet, den Betrag

der Bestandtheile in der reifen Pflanze zu 100 angenommen. Die Zahlen, die aus einer solchen Berechnung resultiren, sind:

Tafel IX. Bretschneider.

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Asche
1. Periode	0,31	0,33	0,28	0,47	0,50
3. Periode	2,51	2,68	2,17	2,39	2,13
4. Periode	0,89	0,88	1,07	1,06	0,47
5. Periode	1,49	1,16	1,89	0,75	1,70

Die vermehrte Assimilation in der fünften Periode über die vierte Periode ist augenscheinlich. Die Resultate der Analysen, wie vorher erwähnt, betreffen nur die Theile der Pflanze, die über der Erde sind. Die Thätigkeit der Blätter, um Nahrung aus der Atmosphäre zu ziehen, ist ohne Zweifel vor dem Reifwerden der Pflanzen sehr vermindert, was schon durch das Gelbwerden der Blätter und das Verlieren von Vegetationswasser bewiesen wird. Die Gewichtszunahme der Pflanzen über der Erde geht wahrscheinlich von vorher in den Wurzeln aufgespeicherten Bestandtheilen aus, die nun zu den Früchten und Blättern übergeführt werden, um das Wachsthum dieser Theile zu unterhalten, nachdem ihre Fähigkeit, unorganische Nahrung (CO_2, H_2O, NH_3, N_2O_5) zu assimiliren, aufgehört hat.

Die folgende Zusammenstellung zeigt die durchschnittliche tägliche Zunahme an Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Asche (in Pfunden per Acre) während der verschiedenen Perioden.

Tafel X. Bretschneider.

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Asche
1. Periode	8,43	1,13	6,30	0,65	1,56
3. Periode	66,95	8,94	48,06	3,30	6,55
4. Periode	23,84	2,95	24,06	1,47	1,44
5. Periode	39,85	3,89	42,44	1,04	5,23

Wenden wir uns nun zu Arendt's Resultaten, welche mehr im Detail als die Bretschneider's ausgeführt sind. Wir betrachten nun

A. die relative (procentische) Zusammensetzung der ganzen Pflanze und ihrer Theile*) während der verschiedenen Wachsthumsperioden.

1) Holzfaser findet sich in relativ größter Menge — 40 Procent — in den unteren Gliedern des Halmes von der Zeit des Schossens bis zur Zeit der Blüthe. Vergleichsweise betrachtet kommen große Verschiedenheiten in demselben Theil der Pflanze in verschiedenen Wachsthumsstadien vor. So in den Aehrchen, welche die geringste Menge Holzfasern haben. Die Menge dieser Substanz vermindert sich regelmäßig nicht absolut, sondern nur relativ mit dem Aelterwerden der Pflanze. Sie sinkt von 27 Procent beim Schossen auf 12 Procent zur Reifezeit. In den Blättern, welche in Bezug auf die Holzfaser zwischen Halm und Aehrchen in der Mitte stehen, schwankt sie von 22 bis 38 Procent. Kurz vor der Blüthe sind die oberen Blätter, nachher die unteren Blätter am reichsten an Holzfaser. In den unteren Blättern ist das Maximum (33 Procent) in der vierten Periode, in den oberen Blättern (38 Procent) in der zweiten Periode.

---

*) Arendt wählte große, wohl entwickelte Pflanzen aus, theilte sie in sechs Theile und analysirte jeden für sich. Seine Theilung der Pflanze war: 1) die drei untersten Glieder des Halmes; 2) die zwei mittleren Glieder; 3) das oberste Glied; 4) die drei untersten Blätter; 5) die zwei oberen Blätter; 6) die Aehrchen. Die Halme waren gerade über den Knoten abgeschnitten, die Blätter schlossen die Scheiden in sich, die Aehrchen waren von den Rispen abgestreift. Arendt verwarf alle Pflanzen, welche beim Sammeln nicht vollkommen waren. Wenn beinahe reif, verlieren bekanntlich die Cerealien oft eins oder mehrere ihrer unteren Blätter. Für die zahlreichen Analysen, auf welche Schlußfolgerungen gegründet sind, müssen wir auf das Original verweisen.

Die scheinbare Verminderung der Holzfaser rührt in allen Fällen von der vermehrten Production anderer Bestandtheile her.

2) Fett und Wachs sind am geringsten in dem Halme. Ihr Verhältniß wächst im Allgemeinen in den oberen Theilen des Halmes sowohl als in den späteren Stadien ihres Wachsthums. Der Spielraum ist von 0,2 Procent bis 3,7 Procent. In den Blättern ist die Menge größer und ist meist Wachs. Die geringste Menge (4,8 Procent) findet sich in den oberen Blättern, wenn die Pflanze reif ist. Die größte Menge (10 Procent [?]) kommt in den unteren Blättern zur Zeit der Blüthe vor. Die relativen Mengen, die sich in den Blättern finden, erleiden beträchtliche Veränderungen von einem Wachsthumsstadium zum andern.

3) Die übrigen stickstofffreien Substanzen, wie Stärke, Zucker rc., erleiden große und unregelmäßige Schwankungen. In dem Halme wird der größte Procentgehalt (57 Procent) in den jüngeren Gliedern gefunden; der geringste (43 Procent) in dem reifen oberen Stroh. Nur in der Aehre kommt eine regelmäßige Zunahme von 54 bis 63 Procent vor.

4) Die Albuminate in Arendt's Untersuchungen zeigen etwas verschiedene Verhältnisse zu der vegetabilischen Substanz als die von Bretschneider beobachteten, wie man aus der beigefügten Vergleichung der Procente, wie sie in den verschiedenen Perioden gefunden wurden, ersieht.

Perioden.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Arendt	20,93	11,65	10,86	13,67	14,30
Bretschneider	22,73		17,67	17,61	15,39

Diese Unterschiede können verschieden gedeutet werden. Sie rühren zum Theil daher, daß Arendt nur große und vollkommene Pflanzen analysirte. Bretschneider untersuchte andererseits alle Pflanzen auf einer gegebenen Fläche, große und

kleine, vollkommene und beschädigte. Die Verschiedenheiten bestätigen, was bereits betont wurde, daß die Entwicklung der Pflanzen durch die Umstände ihres Wachsthums stark modificirt wird, nicht allein in Beziehung auf äußere Gestalt, sondern auch in Betreff ihrer chemischen Zusammensetzung.

Die relative (procentische) Vertheilung des Stickstoffs in den einzelnen Theilen am Ende der verschiedenen Perioden ist auf der folgenden Tafel gegeben; eine einfache Betrachtung zeigt die Schwankungen in dem Gehalt dieses Elementes. Der Procentgehalt ist für jede Periode getrennt gegeben, fortschreitend von dem höchsten zu dem niedrigsten.

Perioden:

I.	II.	III.
Obere Blätler 3,74	Untere Blätter 2,39	Obere Blätter 2,27
Untere Blätter 3,38	Obere Blätter 2,19	Untere Blätter 2,18
Untere Blätter 2,15	Aehrchen 2,06	Aehrchen 1,85
	Mittlerer Halm 1,52	Oberer Halm 1,34
	Oberer Halm 0,87	Mittlerer Halm 0,98
	Unterer Halm 0,80	Unterer Halm 0,88

IV.	V.
Aehrchen 2,85	Aehrchen 3,04
Obere Blätter 1,91	Obere Blätter 1,74
Untere Blätter 1,62	Oberer Halm 1,56
Oberer Halm 1,60	Untere Blätter 1,43
Mittlerer Halm 1,20	Mittlerer Halm 1,17
Unterer Halm 0,83	Unterer Halm 0,79

5) Die Uebereinstimmung der Aschenprocente in der ganzen Pflanze in den entsprechenden Perioden des Wachsthums des Hafers sind in den unabhängigen Untersuchungen Bretschneider's und Arendt's merkwürdig nahe dieselben, wie es aus den untenstehenden Zahlen hervorgeht.

Perioden.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Bretschneider	8,57	—	5,96	5,33	5,40
Arendt	8,03	5,24	5,44	5,20	5,17

Man bemerkt, daß die Verminderung in der zweiten, Vermehrung in der dritten und eine nachfolgende Verminderung in der vierten Periode in beiden Fällen nebeneinander herlaufen.

In Bezug auf die verschiedenen Theile der Pflanze wurde von Arendt gefunden, daß der obere Theil des Halmes durch die ganze Wachsthumsperiode am reichsten an Asche war. Bei den Blättern fand das Gegentheil statt, die unteren enthielten die meiste Mineralsubstanz. In der Aehre fand eine beständige Verminderung bis zum ersten Erscheinen der Reife statt, während in dem Halm und den Blättern im Allgemeinen eine zunehmende Vermehrung gegen die Reifezeit vorhanden war. Die größte Procentmenge (10,5 Procent) wurde in den reifen Blättern, die geringste (0,78 Procent) in dem reifen unteren Stroh gefunden.

Viel interessanter und belehrender als die relativen Verhältnisse sind

B. die absoluten Mengen der Bestandtheile, die am Schluß der verschiedenen Wachsthumsperioden in den Pflanzen gefunden wurden. Diese absoluten, von Arendt in einer gegebenen Zahl sorgfältig ausgesuchter kräftiger Pflanzen gefundenen Mengen stimmen nicht mit den von Bretschneider auf einer bestimmten Fläche Boden erhaltenen überein, was auch nicht erwartet werden konnte, weil es zu-

nächst unmöglich ist, zu machen, daß dieselbe Anzahl kräftiger Pflanzen sich auf einer Anzahl bestimmter Feldstücke entwickele.

Wenn die Resultate von Bretschneider mehr die bei der Landwirthschaft erhaltene Ernte repräsentiren, so geben die von Arendt doch einen treueren Begriff einer unter die bestmöglichsten Bedingungen gesetzten Pflanze, die eine gleichförmig hohe Entwicklung erlangte. Wir sind daher nicht Willens, die zwei Reihen Versuche zu vergleichen, da sie, streng genommen, in den meisten Punkten keine Vergleichung zulassen.

Aus der Bekanntschaft der absoluten Menge Substanzen, welche am Ende der verschiedenen Perioden in der Pflanze enthalten waren, können wir sofort das Maß des Wachsthums, d. h. die Schnelligkeit, mit welcher die Bestandtheile der Pflanzen entweder aufgenommen oder organisirt wurden, ersehen.

Wenn man auf der nebenstehenden Tafel, die in abwechselnden Reihen das Gesammtgewicht von 1000 Pflanzen in Grammen am Ende der verschiedenen Perioden giebt, die erste Reihe von der zweiten, die zweite von der dritten, die dritte ꝛc. abzieht, so wird die Zunahme der aufgenommenen oder producirten Substanzen während jeder Periode dazu dienen, die daraus gezogenen Schlußfolgerungen, welche aus der Arbeit von Arendt genommen sind, zu rechtfertigen; sie beziehen sich aber natürlich nur auf die von dem Forscher untersuchten Pflanzen.

1) Die Pflanze vermehrt ihr Gesammtgewicht (Trockensubstanz) durch ihre ganze Vegetationszeit hindurch, aber in ungleichen Mengen in den verschiedenen Perioden. Das stärkste Wachsthum ist in der Zeit des Schossens; das geringste innerhalb der zehn Tage des Reifwerdens. Wir können hinzufügen, daß die Zunahme nach der Blüthe größtentheils in dem Samen stattfindet, während die anderen Organe nur wenig

	Enth. am Ende ders. u. nehmen auf oder produciren innerhalb	Enthalten am Ende	Nehmen auf oder produciren	Enthalten am Ende	Nehmen auf oder produciren	Enthalten am Ende	Nehmen auf oder produciren	Enthalten am Ende	Nehmen auf oder produciren
	Periode I. 3 Blätter entfaltet	Periode II. Beim Entfalten der Aehren		Periode III. Blüthezeit		Periode IV. Beginn der Reife		Periode V. In der Reife	
Holzfaser	103,3	459,7	356,4	564,8	105,1	545,0	Verlust	550,6	Verlust
Fett	20,1	48,9	28,8	82,9	34,0	97,6	14,7	89,8	Verlust
Nichtstickstoffhaltige Substanz	201,4	624,6	423,2	916,7	292,1	1242,6	325,9	1340,0	97,4
Albuminate	95,4	158,9	63,5	202,8	43,9	317,8	115,0	351,6	34,2
Organische Substanz	419,2	1292,2	873,0	1767,2	475,1	2203,0	435,8	2331,6	128,6
Kieselsäure	6,39	15,82	9,43	25,45	9,63	34,66	9,21	36,32	1,66
Schwefelsäure . . .	1,06	2,71	1,65	2,68	0,00	4,83	2,12	5,34	0,41
Phosphorsäure . . .	3,27	5,99	2,72	10,32	4,33	12,90	2,58	14,23	1,33
Eisenoxyd	0,20	0,46	0,26	0,61	0,15	0,83	0,22	0,58	Verlust
Kalk	4,48	8,50	4,02	11,60	3,10	14,49	2,89	14,71	0,22
Magnesia	1,53	2,71	1,18	3,71	1,01	5,42	1,71	6,45	1,03
Chlor	2,28	3,62	1,34	5,32	1,70	5,96	0,64	5,78	Verlust
Natron	0,86	1,28	0,42	1,47	0,19	1,12	Verlust	0,87	"
Kali	17,05	31,11	14,06	40,20	9,09	44,33	4,13	43,76	"
Asche	36,60	70,08	33,48	100,41	30,33	120,75	20,34	126,93	7,18
Trockensubstanz . . .	455,8	1363,6	907,8	1867,6	504,0	2323,8	456,2	2458,5	134,7

zunehmen. Die unteren Blätter hören nach der zweiten Periode beinahe auf zu wachsen.

2) Holzfaser wird am reichlichsten zur Zeit des Schossens (zweite Periode) erzeugt. Wenn die Pflanze das Blühen beendigt (Ende der dritten Periode), hört die Bildung von Holzfaser völlig auf. Nachher scheint eine kleine Verminderung dieser Substanz stattzufinden, wahrscheinlich wegen des unvermeidlichen Verlustes der unteren Blätter, nicht aber wegen einer Resorption oder Verwandlung in der Pflanze.

3) Fett bildet sich am reichlichsten zur Blüthezeit. Die Production desselben hört wenige Wochen vor der Reife auf.

4) Die Bildung der Albuminate ist unregelmäßig. Die größte Menge wird während der vierten Periode (nach der Blüthezeit) organisirt. Die Zunahme innerhalb dieser Periode ist zwei Fünftheile der in der reifen Pflanze gefundenen Totalmenge. Die in der ersten Periode organisirte absolute Menge ist nicht viel geringer als in der vierten, nur in der zweiten, dritten und fünften sind die Mengen beträchtlich geringer.

Bretschneider giebt die Zahlen zur Vergleichung der Production der Albuminate in der von ihm untersuchten Hafer-ernte mit Arendt's Resultaten. Setzt man die nach Schluß der ersten Periode gefundene Menge gleich 100, so ist die Zunahme in den folgenden Perioden wie folgt:

	Perioden.						
	I.	II.	III.	(II. u. III.)	IV.	(II. III. u. IV.)	V.
Arendt	100	67	46	(113)	120	(233)	36
Bretschneider	100	?	?	(165)	62	(227)	35

Wir bemerken bei der Vergleichung auffallende Unterschiede. In Bretschneider's Pflanzen geht die Vermehrung der Albuminate sehr rasch in der dritten Periode vor sich und sinkt rasch in der Zeit, wo Arendt's Pflanzen ihr Maximum erreichen. Sonderbar genug ist es, daß die Zunahme in der zweiten, dritten und vierten Periode zusammengenommen in

beiden Fällen so gut wie gleich sind (233 und 227), und ebenso ist die Zunahme in der letzten Periode gleich.

Dieses Zusammentreffen ist indessen ohne Zweifel nur zufällig. Vergleichungen mit anderen Haferpflanzen von Stöckhardt, wenn auch sehr unvollständig untersucht (Chemischer Ackersmann, 1855), und Wolf (Die Erschöpfung des Bodens durch die Cultur, 1856), zeigen, daß das Maß der Assimilation nicht an irgend eine bestimmte Zeit oder Periode der Entwicklung geknüpft ist, sondern daß es von der der Pflanze zugänglichen Nahrung und dem für das Wachsthum günstigen Wetter abhängt.

Die folgenden Zahlen, welche für jede Periode der beiden Früchte eine Vergleichung der Zunahme der Albuminate mit der Vermehrung der anderen organischen Körper bieten, zeigen außerdem, daß die stickstoffhaltigen Körper in dem Act der Organisation in keiner nahen quantitativen Beziehung zu den stickstofffreien Körpern (den Kohlenhydraten und dem Fett) stehen.

Setzt man die Mengen der Albuminate, die während jeder Periode erzeugt wurden, auf zehn, so ist der Betrag der Kohlenhydrate rc. aus dem untenstehenden Verhältniß zu entnehmen.

Perioden.

	I.	II. u. III.	IV.	V.	Verhältniß in der reifen Pflanze
Arendt	10:34	10:114	10:28	10: 25	10:66
Bretschneider	10:30	10: 50	10:46	10:120	10:51

5) Die Aschenbestandtheile des Hafers werden während der ganzen Vegetation aufgenommen, aber in regelmäßig abnehmender Menge. Die Zunahme während der ersten Periode ist nahezu 10, in der zweiten Periode 9, in der dritten 8, in der vierten 5½, in der fünften ungefähr 2.

Das Verhältniß der Zunahme der Aschenbestandtheile zu

der Gesammttrockensubstanz ist wie folgt, die Aschenbestandtheile 1 gesetzt, in den aufeinanderfolgenden Perioden:

1 : 12½ 1 : 27 1 : 16 1 : 23 1 : 19

Demnach ist die Absorption der Aschenbestandtheile nicht proportional dem Wachsthum, sondern ist bis zu einem gewissen Grade zufällig und unabhängig von den Bedürfnissen der Pflanzen.

Wiederholung. Nehmen wir die Menge jedes der näheren Elemente in den reifen Pflanzen zu 100 an, so enthielten sie am Ende der verschiedenen Perioden die folgenden Mengen:

	Holzfaser Procent	Fett Procent	Kohlenhydrate Procent	Albuminate Procent	Asche Procent
I. Periode	18	20	15	27	29
II. „	81	50	47	45	55
III. „	100	85	70	57	79
IV. „	100	100	92	90	95
V. „	100	100	100	100	100

Die Zunahme während jeder Periode war demnach wie folgt:

	Holzfaser Procent	Fett Procent	Kohlenhydrate Procent	Albuminate Procent	Asche Procent
I. Periode	18	20	15	27	29
II. „	63	30	32	18	26
III. „	19	35	23	12	24
IV. „	0	15	22	33	16
V. „	0	0	8	10	5
	100	100	100	100	100

6) In Bezug auf die einzelnen Aschenbestandtheile enthielt die Pflanze am Ende jeder Periode die folgende Menge, die Totalmenge in der reifen Pflanze = 100 gesetzt.

Entsprechende Resultate von Bretschneider sind zur Vergleichung in Klammern gegeben.

	Kieselsäure Procent	Schwefelsäure Procent	Phosphorsäure Procent	Kalk Procent	Magnesia Procent	Kali Procent
I. Periode	18 (22)	20 (42)	23 (23)	30 (31)	24 (31)	39 (42)
II. „	41 } (57)	52 } (44)	42 } (63)	58 } (83)	42 } (73)	70 } (89)
III. „	70 }	52 }	73 }	79 }	58 }	91 }
IV. „	93 (72)	90 (39)	91 (74)	99 (74)	84 (77)	100 (100)
V. „	100(100)	100(100)	100(100)	100(100)	100(100)	100 (95*)

Die Zunahme (oder die Abnahme durch das Minuszeichen [—] angezeigt) in diesen Aschenbestandtheilen während jeder Periode ist unten gegeben.

	Kieselsäure Procent	Schwefelsäure Procent	Phosphorsäure Procent	Kalk Procent	Magnesia Procent	Kali Procent
I. Periode	18 (22)	20 (42)	23 (23)	30 (31)	24 (31)	39 (42)
II. „	23 } (35)	32 } (2)	19 } (40)	28 } (52)	18 } (42)	31 } (47)
III. „	29 }	0 }	31 }	21 }	16 }	21 }
IV. „	23 (15)	38 (—5*)	18 (10)	20 (—9*)	26 (4)	9 (11)
V. „	7 (28)	10 (66)	9 (27)	1 (17)	16 (23)	0 (—5*)
	100(100)	100(100)	100(100)	100(100)	100(100)	100 (100)

Diese zwei unabhängigen Untersuchungen konnten schwerlich alle die nicht übereinstimmenden Resultate, die man beim Vergleichen obiger Zahlen bemerkt, als einfache Folgen der Art der Ausführung ergeben. Wir sehen zum Beispiel, daß in der letzten Periode Arendt's Pflanzen weniger Kieselsäure aufnehmen als in irgend einer anderen, — nur 7 Procent des Ganzen. Andererseits nahm Bretschneider's Hafer mehr Kieselsäure in dieser als in jeder anderen einzelnen Periode auf, nämlich 28 Procent.

Ein ähnliches Vorkommen ist für die Phosphorsäure richtig. Es ist klar, daß Bretschneiders Pflanzen in den letzten Wachsthumsstadien die Mineralsubstanzen weit kräftiger aufnahmen, als die Pflanzen von Arendt. Von dem Kali

*) In diesen Fällen enthielten Bretschneider's spätere Ernten weniger Schwefelsäure, Kalk und Kali als die früheren. Dieses Resultat mag vielleicht von der ungleichen Entwicklung der verschiedenen Parcellen herrühren.

bemerken wir, daß seine Aufnahme in der vierten Periode in beiden Fällen aufhörte.

Es ist im Ganzen klar, daß wir von diesen interessanten Untersuchungen mit Sicherheit keine bestimmten Schlüsse in Bezug auf das Maß und den Fortschritt der Assimilation und des Wachsthums der Haferpflanzen ziehen können über das hinaus, was bereits angedeutet wurde.

C. Wanderung der Substanzen in den Pflanzen. Die Wanderung gewisser Substanzen von einem Theil der Pflanze in den andern ist durch die Analysen von Arendt dargethan, und da solche Platzveränderungen vom physiologischen Standpunkte von Interesse sind, so wollen wir sie hier kurz aufzählen.

Es ist schon erwähnt worden, daß das Wachsthum der Halme, Blätter und Aehren der Haferpflanze in den späteren Stadien wahrscheinlich zum großen Theil auf Kosten der Wurzeln stattfindet.

Es ist auch wahrscheinlich, daß eine Ueberführung von Kohlenhydraten, und gewiß, daß eine Ueberführung der Albuminate aus den Blättern durch den Halm in die Aehre stattfindet.

Kieselsäure scheint, wenn einmal in der Pflanze abgelagert, keinem weiteren Ortswechsel unterworfen zu sein. Auch Chlor zeigt keine bemerkbare Beweglichkeit.

Andererseits geht die Phosphorsäure rasch aus den Blättern und dem Halm zu oder in die Frucht, in den früheren sowohl wie in den späteren Stadien des Wachsthums, wie dies die folgenden Zahlen zeigen.

1000 Pflanzen enthielten in den verschiedenen Perioden folgende Mengen (Gramme) Phosphorsäure:

	1. Periode	2. Periode	3. Periode	4. Periode	5. Periode
3 untere Glieder des Halms .	0,47	0,20	0,21	0,20	0,19
2 mittlere Glieder des Halms .	—	0,39	1,14	0,46	0,18
Oberes Glied . .	—	0,66	1,73	0,31	0,39
3 untere Blätter	1,05	0,70	0,69	0,51	0,35
2 obere „	1,75	1,67	1,18	0,74	0,59
Aehre	—	2,36	5,36	10,67	12,52

Man bemerkt, daß diese absoluten Mengen in den Halmen und Blättern nach der ersten oder dritten Periode in allen Fällen abnehmen und sich sehr rasch in den Aehren vermehren.

Arendt fand, daß Schwefelsäure in größerer Menge in den Blättern als in den Halmen durch die ganze Vegetationszeit des Hafers hindurch sich findet, und daß nach dem Blühen die unteren Halme keinen Schwefel mehr in Form von Schwefelsäure enthalten, obgleich die Gesammtmenge in der Pflanze sich beträchtlich vermehrt hat. Es ist daher beinahe sicher, daß die Schwefelsäure entweder theilweise oder ganz von der Oxydation des Schwefels oder einer schwefelhaltigen Verbindung in den oberen Organen des Hafers herrührt.

Magnesia wird von dem unteren Halm in die oberen Organe und in die Frucht übergeführt, und besonders in der Frucht häuft sie sich fortwährend an.

Es ist kein Beweis dafür vorhanden, daß sich Kalk in der Pflanze aufwärts bewegt. Im Gegentheil zeigen Arendt's Analysen eher, daß er sich in der Aehre in der letzten Periode des Wachsthums vermindert, indem vielleicht Magnesia an seine Stelle tritt.

In Bezug auf Kali ist keine bestimmte Wanderung bemerkbar, ausgenommen aus der Aehre. Diese enthält zur Blüthezeit (Periode III.) das Maximum von Kali. Während

des darauf folgenden Wachsthums vermindert sich der Betrag des Kalis, der wahrscheinlich durch Magnesia ersetzt wird.

Die durch Arendt's Analysen gelieferten Thatsachen zeigen die Wanderung der Substanzen in den eben erwähnten Fällen und in den meisten derselben mit großer Sicherheit an; dieses schließt jedoch nicht aus, daß sich in ähnlichen Fällen die Wanderungen anders gestalten können, und ebensowenig können die Beobachtungen Arendt's die Bewegungen von Salzen, welche sie darthun, in feste Grenzen bringen.

Zweite Abtheilung.

Der Bau der Pflanze und die Verrichtungen ihrer Organe.

Erstes Kapitel.

Allgemeines.

Wir haben eine kurze Beschreibung der Elemente und Verbindungen, die im chemischen Sinne die Pflanzen bilden, gegeben. Sie sind das Material — so zu sagen die Steine und Balken — aus denen das pflanzliche Gebäude aufgeführt ist. Zunächst ist es wichtig, kennen zu lernen, wie diese Baumaterialien zusammengesetzt sind, welchen Platz sie einnehmen, welchen Zwecken sie dienen und nach welchem Plan das Gebäude zusammengefügt ist.

Es ist für den Baumeister unmöglich, sein Werk zu vollführen, ehe er die Pläne und Einzelheiten des Architekten sich zu eigen gemacht. So ist es auch kaum möglich, daß der Landwirth mit Sicherheit in irgend bedeutender Weise und besonders in einer neuen Richtung zum Gedeihen der Pflanze beitragen kann, wenn er nicht mit den Elementen und der Art des Baues bekannt ist. Es ist die schöne Aufgabe der Wissenschaft, die unbestimmten und oberflächlichen Kenntnisse, welche die Beobachtung und die Erfahrung von Generationen gesammelt hat, in eine klare und verständliche Form zu bringen und neue Kenntnisse zuzufügen durch bewußte und auf bestimmte Zwecke gerichtete Arbeit.

Die Bekanntschaft mit den Theilen und dem Bau der Pflanzen ist unentbehrlich, um die Art und Weise, wie sie ihre Nahrung aus äußeren Quellen ziehen, zu verstehen; ebenso sind die sinnreichen Methoden der Fortpflanzung, die in der Cultur der Früchte und Blüthen geübt wird, nur begreiflich mit Hülfe dieser Kenntnisse.

Organismus der Pflanze. Wir haben beim Beginn von organischer Materie, von Organen und Organisation gesprochen. Es ist die Welt des Lebens, auf welche diese Ausdrücke ihre passende Anwendung finden. Die Pflanze wie das Thier besteht aus zahlreichen Theilen, die sehr von einander verschieden, aber alle dem Ganzen unentbehrlich sind.

Das Blatt, die Blüthe und der Same sind alles Instrumente oder Organe, deren Zusammenwirken zur Vollendung der Pflanze nothwendig ist. Die Pflanze (oder das Thier), die eine solche Verbindung von Organen ist, wird ein Organismus genannt; es ist ein organisirter oder organischer Bau. Die Atmosphäre, das Wasser, die Gesteine und der Boden der Erde sind Mineralsubstanzen; sie sind unorganisch und leblos.

In der unorganischen Natur herrscht die chemische Verwandtschaft über die Umwandlung der Materie. Eine Pflanze oder ein Thier, in todtem Zustande, verliert unter den gewöhnlichen Bedingungen bald seine Form und Eigenschaften; sie werden nach und nach durch den Sauerstoff der Luft verzehrt und schließlich völlig zu Luft und Asche verbrannt.

In der organischen Welt überwindet oder beschränkt ein Etwas, das wir das Lebensprincip (Lebenskraft) nennen, die Verwandtschaft des Sauerstoffs und sichert den Bestand einer zusammenhängenden und fortdauernden Aufeinanderfolge von lebenden Formen.

Ein organisirter Bau ist von dem der Mineralsubstanzen durch zwei Besonderheiten ausgezeichnet und unterschieden:

1) Er baut seine Masse auf und vermehrt sie durch Aneignung äußerer Materie. Er assimilirt umgebende Substanzen. Er wächst durch Absorption von Nahrung.

2) Er reproducirt sich selbst. Er entsteht aus Samen und Keim und bildet wiederum Keim und Samen.

Einfache und zusammengesetzte Organe. In unserer Beschreibung des Baues der Pflanze wollen wir erst die Elemente des Baues, die Urorgane oder die vegetabilischen Zellen betrachten, die nicht getheilt oder verletzt werden dürfen, ohne ihr Leben zu vernichten, und durch deren Ausdehnung und Vermehrung das Wachsthum stattfindet.

Dann folgt eine Beschreibung der zusammengesetzten Theile (der Organe), welche durch Nebeneinanderstellen vieler Zellen aufgebaut sind. Von diesen haben wir eine Classe, nämlich: die Wurzeln, Stengel und Blätter, welche die Aufgabe haben, die besondere Pflanze zu erhalten und zu nähren. Diese kann man als Wachsthumsorgane bezeichnen.

Die andere Classe begreift die Blüthen und die Früchte in sich; diese sind nicht wesentlich zum Bestehen des Individuums, aber ihre Aufgabe ist die Erhaltung der Gattung. Es sind die Fortpflanzungsorgane.

Zweites Kapitel.

Die Urelemente des organischen Baues.

§ 1.

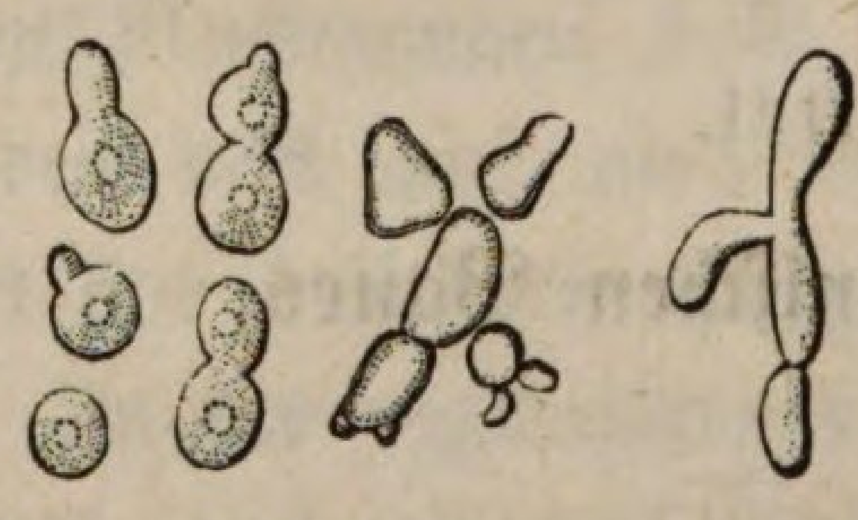
Die Pflanzenzelle.

Eine der interessantesten Entdeckungen, die uns das Mikroskop aufgeschlossen hat, ist, daß alle organisirte Materie ihren Ursprung in außerordentlich kleinen Bläschen oder Zellen hat. Wenn wir mit dem Mikroskop einen Samen oder ein

Ei untersuchen, so finden wir nichts als einen Zellenbau, eine Ansammlung von rundlichen Säckchen oder Bläschen, die dicht nebeneinander liegen und mehr oder weniger mit festen oder flüssigen Körpern gefüllt sind. Aus diesen Zellen besteht der Bau und die Gestalt der Pflanze und des Thieres. In dem Proceß des Reifens, Aelterwerdens sind die ursprünglichen Bläschen, um den verschiedenen Zwecken zu entsprechen, oft in der Bildung und Erscheinung sehr verändert; aber trotzdem ist es immer leicht, besonders in der Pflanze, Zellen von wesentlich gleichem Charakter wie die in den Samen vorkommenden, zu finden.

Zellenpflanzen. In den Classen von Pflanzen, die am wenigsten in ihrer Structur (Bau) von den Samen abweichen und, welche, wie man sagt, zu den „niederen Ordnungen"*) gehören, finden wir Pflanzen, welche durch alle ihre Lebensstadien nur aus Zellen bestehen, und in der That sind viele bekannt, die nur aus einer einzelnen Zelle bestehen. Die Erscheinung des rothen Schnees, der häufig in den alpinen oder arktischen Regionen beobachtet wird, rührt von mikroskopischen einzelligen Pflanzen her, die sich mit großer Schnelligkeit fortpflanzen und ihre Farbe der Oberfläche des Schnees leihen. In dem Laboratorium des Chemikers bemerkt man oft,

Fig. 27.



daß in den klarsten Lösungen von Salzen, wie im schwefelsauren Natron oder Magnesia, ein flockiger Schimmel, bisweilen roth, bisweilen grün, und am häufigsten weiß, sich bildet, der, unter dem Mikroskop betrachtet, aus einer Vegetation von einzelnen Zellen besteht. Brauerhefe, Fig. 27, ist nichts als eine Masse einzelner ein- oder mehrzelliger Pflanzen.

*) Die Kryptogamen, einschließlich des Schimmels, der Schwämme (Fungi), der Moose, Farren und Seegewächse (Algae).

In den Schwämmen und Seegewächsen sowohl wie in dem Schimmel, der an feuchten Wänden oder auf Brod, Käse ꝛc. wächst, und in dem Rost und Brand, der viele Früchte des Landwirths befällt, haben wir Beispiele von Pflanzen, die ausschließlich aus Zellen gebildet sind.

Wir finden, daß alle Pflanzen höherer Ordnung ebenfalls größtentheils aus rundlichen oder länglichen Zellen bestehen. Alle die wachsenden Theile, besonders die Spitzen der Wurzeln, die Blätter, Blüthen und Früchte bestehen zum größten Theil aus einer Zusammenhäufung von solchen kleinen Bläschen.

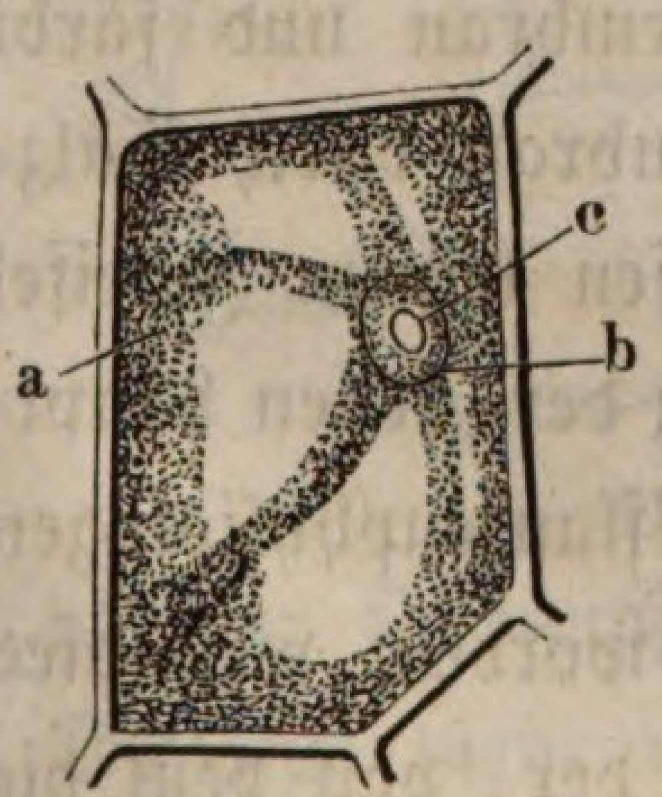
Fig. 28.



Wenn wir den Brei von Früchten, wie den von Aepfeln oder Tomato mit Hülfe eines schwachen Vergrößerungsglases untersuchen, so sind wir im Stande, die Zellen, aus denen er beinahe ganz besteht, zu unterscheiden. Fig. 28 stellt einige von den Zellen des Fleisches eines reifen Peppings bei fünfzigfacher Vergrößerung vor.

Bau der Pflanzenzelle. Mit Hülfe des Mikroskops ist es möglich, etwas in Bezug auf den inneren Bau der Zelle zu erfahren. Fig. 29 stellt das Aussehen einer Zelle des Fleisches von einer Topinamburknolle bei 230facher Vergrößerung dar; äußerlich sieht man die Membran oder die Wand der Zelle im Durchschnitt; diese Membran ist mit einer durchsichtigen Flüssigkeit, dem Saft oder Vegetationswasser, gefüllt und ausgedehnt. Innerhalb der Zelle bemerkt man einen runden Körper, *b*, welcher **Zellkern** genannt wird, und in diesem sieht man einen kleineren Kern, das **Kernkörperchen**. Das Innere der

Fig. 29.



Zellmembran ist von einer gelblichen, trüben, halb flüssigen Substanz von schleimiger Beschaffenheit *a* abgegrenzt, die auch mit dem Zellkern verbunden ist, und welche man mit Protoplasma oder Bildungsschichte bezeichnet. Wird diese stark vergrößert betrachtet, so findet man, daß sie eine große Anzahl außerordentlich kleiner Körnchen enthält.

Mit Hülfe der Chemie ist der Mikroskopiker im Stande, diese Zellen zu zergliedern, welche mit dem unbewaffneten Auge kaum wahrnehmbar sind, und ihre Constitution einigermaßen zu ermitteln. Befeuchtet man sie mit einer Jodlösung und nachher mit Schwefelsäure, so nimmt die äußere Membran (die Zellwand) in kurzem eine schöne blaue Farbe an. Es ist demnach Cellulose, die einzige bis jetzt bekannte vegetabilische Substanz, welche durch Jod nach und nur nach Einwirkung von Schwefelsäure blau wird. Gleichzeitig bemerkt man im Innern, daß das halb flüssige Protoplasma geronnen und zusammengeschrumpft ist, sich deshalb von der Zellwand getrennt hat und mit Einschluß des Zellkerns und der kleineren Körnchen in der Mitte der Zelle gleich einer eingefallenen Blase liegt.

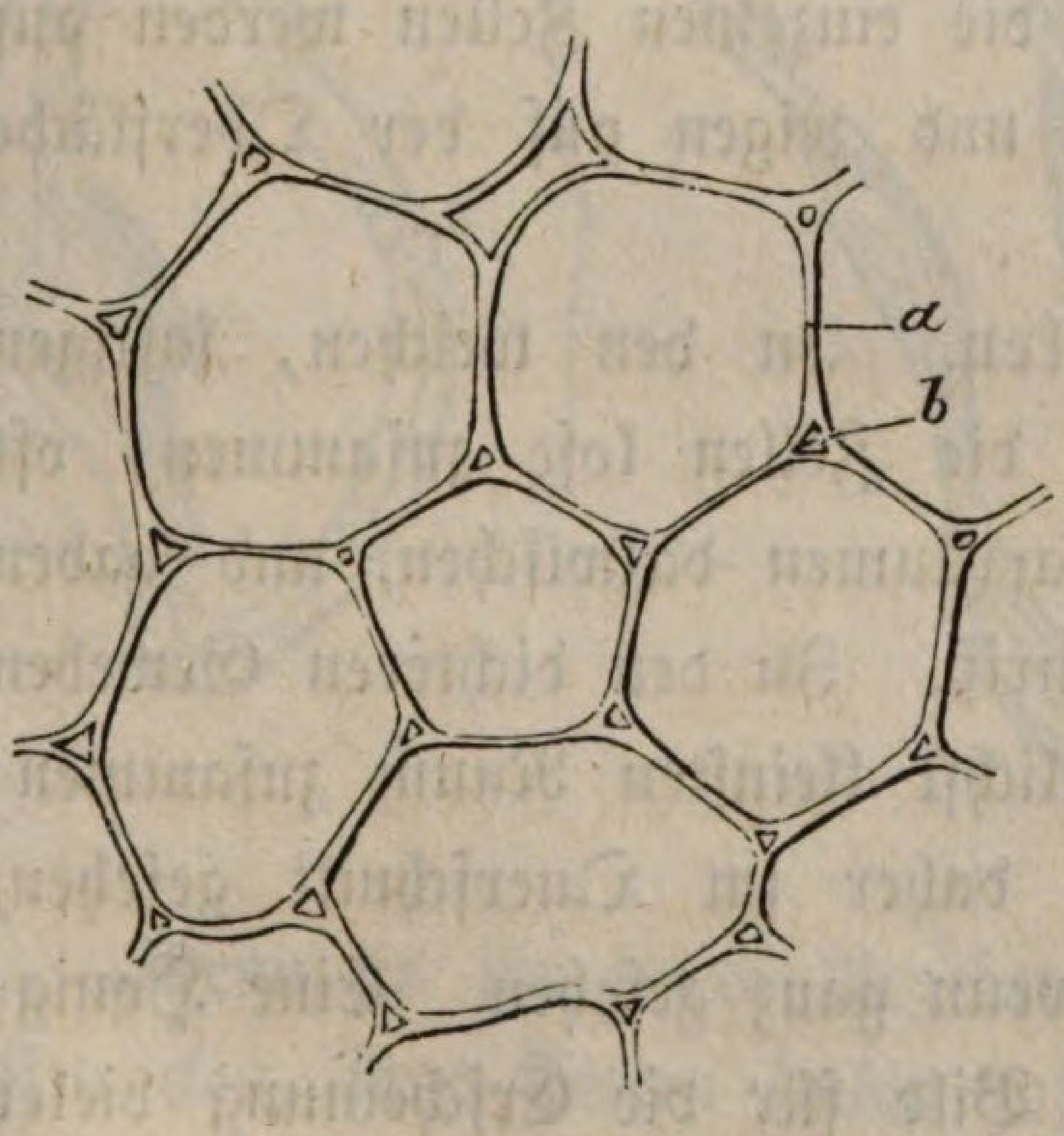
Diese hat dann auch eine tiefgelbe oder braune Farbe angenommen. Befeuchtet man eine dieser Zellen mit Salpetersäure, so wird die Zellwand nicht angegriffen, aber die Flüssigkeit dringt durch, coagulirt die innere Membran und färbt sie gelb. In gleicher Weise wird diese Membran durch Salzsäure violett gefärbt. Diese Reactionen lassen keinem Zweifel Raum, daß die schleimige innere Auskleidung der Zellen hauptsächlich ein Albuminat ist. Sie ist von den Pflanzenphysiologen Protoplasma oder Bildungsschichte benannt worden, weil dies der zuerst gebildete Theil der Zelle ist und der, von dem die dern Theile sich entwickeln. Das Protoplasma ist nicht mischbar mit oder löslich in Wasser. Es kann sich zusammenziehen und wechselt in der lebenden Zelle beständig seine Gestalt, während

die gewöhnlich suspendirten Körnchen sich in ihr bewegen und wie in einer Flüssigkeit in einem Strom circuliren.

Untersuchen wir die Zellen irgend einer andern Pflanze, so finden wir stets unveränderlich dieselbe Structur, wie oben beschrieben, vorausgesetzt, daß die Zellen jung sind und sie den wachsenden Theilen angehören. In einigen Fällen bestehen die Zellen nur aus Protoplasma und Zellkern, indem sie während eines Theiles oder ihres ganzen Lebens ohne Zellwand sind.

Studiren wir viele der reiferen Theile der Pflanzen, wie die, welche aufgehört haben sich zu vergrößern, wie ausgewachsene Blätter, vollständig ausgebildetes Holz 2c., so finden wir, daß die Zellen der oben gegebenen Beschreibung nicht entsprechen. In der äußeren Gestalt, in der Dicke und dem Aussehen der Zellwand und insbesondere in dem Charakter ihres Inhalts ist eine nicht vergleichbare Verschiedenheit eingetreten.

Fig. 30.



Dies ist das Resultat einer Umänderung der ursprünglichen Zellen, die, so weit unsere Beobachtungen sich erstrecken, zuerst immer sehr nahe nach dem Muster, welches wir beschrieben haben, gebildet sind.

Vegetabilisches Gewebe. Es ist indessen gewöhnlich nicht möglich, eine einzelne Zelle von Pflanzen höherer Ordnung zum Behufe der Untersuchung abzutrennen. Sie sind mehr oder weniger durch ihre äußere Oberfläche fest aneinander geheftet, so daß sie eine zusammenhängende Masse von Zellen — ein Gewebe, wie es genannt wird, bilden.

In dem beigefügten Holzschnitt, Fig. 30, sieht man eine

stark vergrößerte Ansicht eines Theiles einer sehr dünnen Querscheibe eines jungen Kohlstengels. Die Außenlinie zeigt die unregelmäßigen leeren Zellen, deren Wände größtentheils äußerlich verbunden sind und als eins erscheinen, *a*. An dem durch *b* bezeichneten Punkte sieht man zwischen den Zellen Höhlungen, die Intercellularräume.

Eine Scheibe einer Kartoffelknolle (Fig. 52, siehe später) hat ein ähnliches Aussehen, ausgenommen, daß die Zellen mit Stärke gefüllt sind. Diese von einander zu trennen, ist kaum möglich; kocht man die Kartoffel aber, so schwellen die Stärkekörner auf und die Zellen trennen sich in Folge dessen voneinander. Das praktische Resultat davon ist das Mehligwerden der Kartoffel. Eine dünne Scheibe von vegetabilischem Elfenbein (der Same von Phytelephas macrocarpa) unter dem Mikroskope, trocken oder mit Wasser befeuchtet, zeigt keine Spur von Zellenstructur, die Zellen sind in eins verbunden; legt man indessen die Masse in Schwefelsäure, so erweicht sich die Masse und schwillt auf, die einzelnen Zellen werden auf einmal sichtbar, trennen sich und zeigen auf der Oberfläche sechsseitige Umrisse.

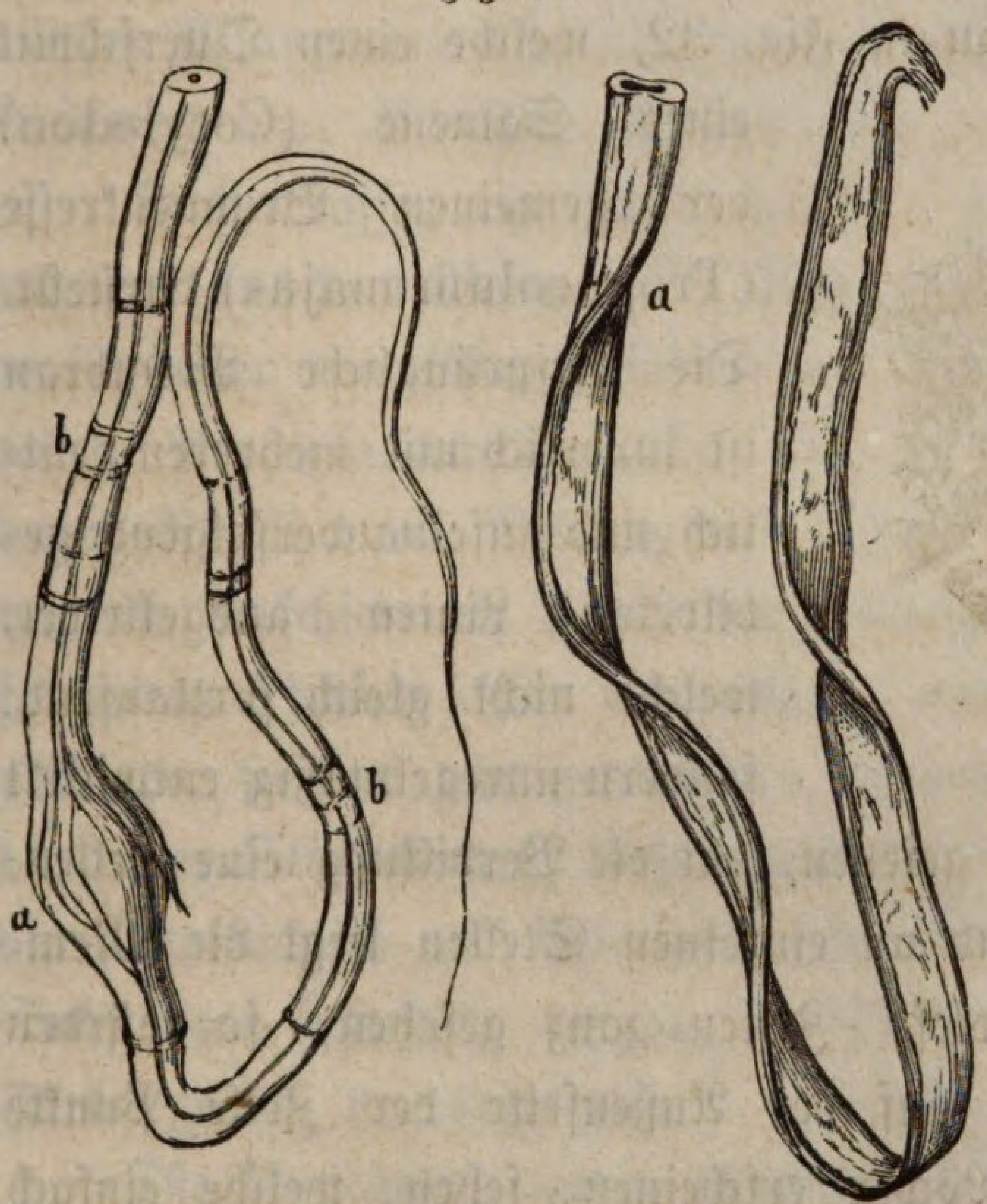
Die Form der Zellen. In den weichen, saftigen Theilen der Pflanze liegen die Zellen lose zusammen, oft mit beträchtlichen Intercellularräumen dazwischen, und haben meistens einen gerundeten Umriß. In den dichteren Geweben sind die Zellen in den möglichst kleinsten Raum zusammengehäuft, und sie erscheinen, daher im Querschnitt gesehen, sechsseitig, oder zwölfseitig, wenn ganz gesehen. Eine Honigwabe ist ein ausgezeichnetes Bild für die Erscheinung vieler Formen von vegetabilischen Zellengeweben. Das Innere einer Orange ist das deutlichste Beispiel eines Zellengewebes. Die einzelnen Zellen einer reifen Orange können leicht von einander getrennt werden, da sie 1/4 Zoll und mehr lang sind. Wenn sie reif und ausgewachsen, besitzen sie weder Protoplasma noch

Zellwand, sondern sie sind mit Saft gefüllt, der Zucker und Citronensäure enthält.

In dem Mark der Binse findet man sternförmige Zellen. In dem gewöhnlichen Schimmel sind die Zellen lang und fadenförmig. In dem sogenannten Froschspeichel (Fadenalgen) sind sie cylindrisch und am Ende zusammengefügt.

In der Rinde vieler Bäume, in den Stengeln und Blättern des Grases sind sie viereckig oder rechtwinkelig.

Fig. 31.



Die Baumwollenfaser, Flachs- und Hanffaser bestehen aus langen, schlanken Zellen, Fig. 31. Holz ist meistens aus verlängerten Zellen, die an den Enden zugespitzt sind und an ihren Seiten zusammenhängen (Fig. 49 c, h, siehe später), gebildet.

Jede Baumwollenfaser ist eine einzelne Zelle, welche ein äußeres Anhängsel des Samengefäßes der Baumwollenpflanze bildet.

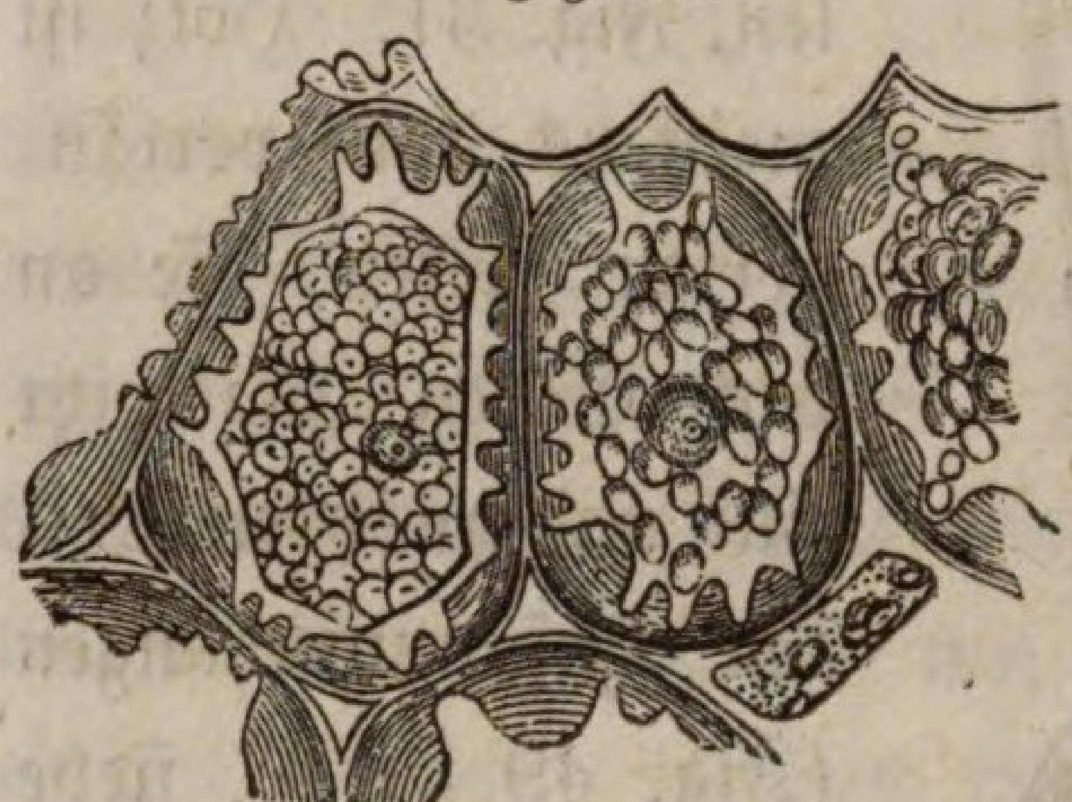
Wenn sie ihr freies Vegetationswasser verliert, wird sie lufttrocken, ihre Seiten fallen zusammen und sie gleicht dann einem gewundenen Riemen.

a in Fig. 31 zeigt einen Theil der Baumwollenfaser stark vergrößert. Die Flachsfaser, von der inneren Rinde des Leinstengels, *b* Fig. 31, ist eine Röhre mit dickeren Wänden und kleinerem Loch als bei der Baumwolle. Sie ist sehr dehn-

bar und selbst, wenn gequetscht und kurz geknickt, behält sie viel von ihrer ursprünglichen Zähigkeit. Die Hanffaser erinnert in ihrem Aussehen sehr an die Flachsfaser.

Verdickung der Zellmembran. Das Wachsthum der Zelle, die, wenn jung, immer eine sehr zarte Außenmembran hat, bringt oft die Verdickung der Wände durch eine innere Ablagerung von Cellulose und Liguin mit sich. Diese Verdickung kann regelmäßig, gleichförmig und unterbrochen stattfinden. Die Flachsfaser, *b* Fig. 31, ist ein Beispiel von beinahe gleicher Verdickung. Die unregelmäßige Ablagerung von Cellulose sieht man in Fig. 32, welche einen Querschnitt eines Samens (Cotyledon) der gemeinen Brunnenkresse (Tropaeolum majus) darstellt. Die ursprüngliche Membran ist innerlich mit mehreren deutlich und aufeinanderfolgend gebildeten Linien ausgekleidet, welche nicht gleich fortlaufend, sondern unregelmäßig entwickelt sind. Im Querschnitt gesehen, hat die Verdickung eine wellenförmige Außenlinie, und an einzelnen Stellen liegt die Membran bloß. Werden diese Zellen ganz gesehen, so würden wir in diesen Stellen auf der Außenseite der Zelle Punkte oder Kreise, die wie Löcher erscheinen, sehen, welche einfach die unverdickten Theile der Zellwand sind. Die Zellen in Fig. 32 zeigen jede in der Mitte einen Kern, der mit Körnern von Aleuron umgeben ist.

Fig. 32.



Zellinhalt. Neben dem Protoplasma und dem Zellkern enthält die Zelle gewöhnlich noch verschiedene Körper, welche zwar bereits als Bestandtheile der Pflanzen erwähnt wurden, die aber hier nochmals aufgeführt werden sollen. Viele Zellen sind völlig leer und bestehen aus nichts als Zell-

wand. Diese findet man in der Rinde oder Oberhaut (Epidermis) der meisten Pflanzen, auch oft in dem Mark, und obgleich sie mit den wirklich lebenden Theilen verbunden bleiben, haben sie doch kein eigenes Leben für sich.

Alle lebenden oder thätigen Zellen sind mit Flüssigkeit ausgefüllt. Diese besteht aus Wasser, welches Gummi, Dextrin, Inulin, Zucker, organische Säuren und andere unwichtigere Pflanzenkörper mit verschiedenen Salzen in Lösung hält, welche den Pflanzensaft bildet. In Oelpflanzen sind gewisse Zellen mit Oeltropfen ausgefüllt (Fig. 17, S. 90), während in zahlreichen Pflanzenarten gefärbte und milchige Säfte in bestimmten Räumen oder Canälen zwischen den Zellen gefunden werden.

Das Wasser der Zelle stammt, wie wir hernach sehen werden, aus dem Boden. Die Substanzen, die im Vegetationswasser oder den Pflanzensäften in Verbindung mit dem halbfesten Protoplasma aufgelöst sind, erleiden Umänderungen, deren Resultat die Bildung von festen Substanzen ist. Wenn wir die verschiedenen Theile der Pflanzen in den aufeinanderfolgenden Stadien ihrer Entwicklung unter dem Mikroskop beobachten, so sind wir im Stande, innerhalb der Zelle die Bildung der Stärkekörner, Krystalloïde und der gekörnten Körper, die hauptsächlich aus Pflanzencaseïn und verschiedenen anderen Substanzen bestehen, welche den Blättern und Blüthen ihre Farbe geben, zu verfolgen.

Die Umstände, unter welchen eine Zelle sich entwickelt, bestimmen den Charakter ihres Inhalts nach Gesetzen, die unserer Kenntniß verborgen sind. Die äußeren Zellen der Kartoffelknolle sind mit korkiger Substanz incrustirt, die inneren sind meistens ganz mit Stärke ausgefüllt (Fig. 52).

Im Hafer, Weizen und anderen Cerealien finden wir gerade unterhalb der leeren Zellen der Oberhaut oder Epidermis einige Schichten Zellen, die kaum etwas anderes als

Albuminate mit wenig Fett enthalten, während die inneren Zellen hauptsächlich mit Stärke gefüllt sind (Fig. 18, S. 108).

Umbildungen im Zellinhalt. Dieselbe Zelle kann in den verschiedenen Wachsthumsperioden eine große Verschiedenheit in ihrem Aussehen und Inhalte zeigen. Dies kann besonders an dem Samen, während sich derselbe in der Mutterpflanze ausbildet, beobachtet werden. Hartig hat diese Umwandlungen bei vielen Pflanzen mit dem Mikroskop beobachtet. Nach diesem Forscher durchläuft der Same (Keimblätter) der gemeinen Kresse (Tropaeolum majus) folgende Metamorphosen:

Bis zu einem gewissen Entwicklungsstadium ist das Innere der Zellen beinahe frei von anderen erkennbaren festen Körpern, mit Ausnahme des Zellkerns und des anhängenden Protoplasmas. Kurz darauf, mit dem fortschreitenden Wachsthum des Samens, erscheinen auf dem Zellkerne grüne Körner von Chlorophyll, welche ihn vollständig dem Anblick entziehen. In einem späteren Stadium sieht man, daß diese Körner, welche sich vergrößert und vermehrt haben, sich größtentheils vom Zellkerne absondern und theils nahe, theils in unmittelbarer Berührung mit der Zellwand sich befinden. Wiederum nach Verlauf einer kurzen Zeit haben die Körner ihre grüne Farbe verloren und sowohl im Aussehen als in ihrem Verhalten gegen Jod alle Eigenschaften der Stärke angenommen.

In der Folgezeit, mit dem Erhärten des Samens und dem Festerwerden der Gewebe, zeigt das Mikroskop, daß die Stärkekörner, welche in der Nähe der Zellwand gelegen waren, verschwunden sind, während die Zellwand sich einwärts verdickt hat — indem die Stärke sich in Cellulose umgewandelt hat. Wieder später erleidet der Zellkern, um welchen sich indessen mehr Stärkekörner gebildet haben, eine weitere Veränderung und verschwindet; dann findet man die Stärkekörner, von denen sich einige vergrößert haben, während andere verschwunden sind, in einer teigigen Substanz eingebettet, welche

die Reactionen eines Albuminates zeigt. Von dieser Zeit an werden die Stärkekörner allmälig von ihrer Oberfläche nach einwärts in kleinere Aleuronkörner verwandelt, welche schließlich, wenn der Same reif ist, vollständig die Zellen ausfüllen.

Bei dem Keimen der Samen ereignen sich ähnliche Veränderungen, aber in umgekehrter Richtung. Der Zellkern erscheint wiederum, das Aleuron löst sich auf, und selbst die

Fig. 33.



auf die Innenfläche geschichtete Cellulose (Fig. 32) schwindet weg und wird in lösliche Nahrung (Zucker?) für die Keimpflanze verwandelt.

Die Dimensionen der Pflanzenzelle sind sehr verschieden. Eine kriechende Seepflanze, die unter dem Namen Caulerpa prolifera (Fig. 33) bekannt ist, besteht aus einer einzigen Zelle, obgleich sie oft einen Fuß Länge mißt und mit Abzweigungen versehen ist, die das Aussehen von Blättern

und Wurzeln haben. Das Mark der Orange besteht aus Zellen, welche einen Viertelzoll und mehr im Durchmesser haben. Jede Baumwollenfaser ist eine einzelne Zelle. In den meisten Fällen sind indessen die Pflanzenzellen so klein, daß sie ein starkes Mikroskop erfordern, um sie unterscheiden zu können; sie haben in der That nicht mehr als $^1/_{1200}$ bis $^1/_{200}$ eines Zolles Durchmesser, viele sind noch beträchtlich kleiner.

Wachsthum. Das Wachsen einer Pflanze ist nichts anderes als das vereinigte Resultat der Vergrößerung und Vermehrung der Zellen, aus welchen sie besteht. In den meisten Fällen erlangen die Zellen ihre volle Größe in kurzer Zeit. Das fortdauernde Wachsthum einer Pflanze hängt daher wesentlich von der beständigen und raschen Bildung neuer Zellen ab.

Zellenvermehrung. Die junge und thätige Zelle enthält stets einen Kern (Fig. 34 *b*). Eine solche Zelle kann eine neue Zelle durch Theilung hervorbringen. Bei diesem Proceß bemerkt man, daß der Zellkern, von welchem alles Zellwachsthum auszugehen scheint, sich in zwei Theile spaltet; dann beginnt das Protoplasma *a* sich zusammenzuziehen oder sich quer über die Zelle in einer correspondirenden Linie mit der Theilung des Zellkerns einzuziehen, bis die entgegengesetzten eingezogenen Spitzen sich begegnen; wie die Haut einer Wurst, wenn sie durch eine Schnur dicht zugeschnürt wird, so trennt das sich einziehende Protoplasma die zwei Kerne und schließt jeden in die so neugebildete Zelle ein, welche durch ein weiteres äußerliches Umwachsen von Cellulose vollendet wird.

Fig. 34.

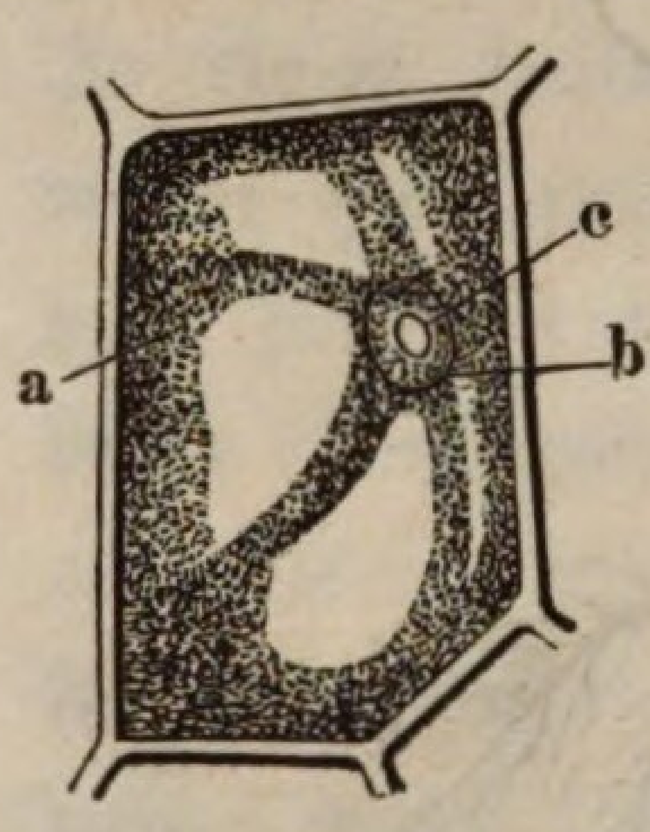


Fig. 35.



In einzelligen Pflanzen, wie Hefe (Fig. 35), schlagen die so gebildeten neuen Zellen an der Seite

der Mutterzelle aus und lösen sich, noch bevor sie ihre volle Größe erreicht, ganz von ihr ab, oder die neuen Zellen bleiben, wie bei den höheren Pflanzen, an der alten Zelle angeheftet, indem sie ein Gewebe bilden.

Bei freier Zellbildung beobachtet man, daß sich in dem Protoplasma der Mutterzelle Kerne entwickeln, welche sich vergrößern, sich mit ihrem eigenen Protoplasma und Zellmembran umgeben und durch Resorption oder Tod der Mutterzelle unabhängig von derselben werden.

Die Schnelligkeit, mit welcher sich Pflanzenzellen vermehren und wachsen, wird durch viele bekannte Thatsachen erläutert. Den auffallendsten Beispielen von schnellem Wachsthum begegnen wir in der Familie der Schwämme. Viele werden sich erinnern, am Morgen eines Junitages große Bovisten, manche faustgroß, auf der Oberfläche einer feuchten Wiese gesehen zu haben, wo Tags vorher nichts der Art zu bemerken war. Bei solchem schnellen Wachsthum hat man berechnet, daß drei- bis vierhundert Millionen Zellen per Stunde gebildet werden.

Durchdringbarkeit (Permeabilität) der Zellen für Flüssigkeiten. Obgleich die stärkste Vergrößerung, die in Anwendung gebracht werden kann, auf der Membran der Pflanzenzelle nirgends eine Oeffnung zu entdecken vermag — indem sie, soweit die bestunterstützte Sehkraft in Frage kommt, vollständig zusammenhängend und undurchdringlich erscheint —, ist sie dessen ungeachtet von Flüssigkeiten leicht durchdringbar. Diese Thatsache kann auf elegante Weise gezeigt werden, wenn man eine feine Scheibe von einer Kartoffelknolle in Wasser eingetaucht unter das Mikroskop legt und dann einen Tropfen Jodlösung in Berührung mit ihr bringt. Augenblicklich dringt das Reagens durch die unverletzten Zellwände, ohne ihr Aussehen bemerkbar zu verändern, und indem es von den Stärkekörnern absorbirt wird, färbt es diese sofort intensiv dunkelblau.

Die Theilchen, aus welchen die Zellwände und ihr Inhalt zusammengesetzt sind, müssen durch Distanzen von einander getrennt sein, die größer sind, als die Durchmesser der Wassertheilchen oder anderer Flüssigkeiten, welche so die Zellen durchdringen.

§. 2.

Die Pflanzengewebe.

Wie schon bemerkt, sind die Zellen der Pflanzen höherer Ordnung mehr oder weniger fest mit einander verbunden, und sie bilden so die bekannten vegetabilischen Gewebe. Von diesen wird von den Pflanzenanatomen eine große Anzahl unterschieden, in denen die Unterscheidungen entweder auf die Eigenthümlichkeit der Form oder ihrer Functionen zurückgeführt wurden. Für unsere Zwecke haben wir nur nöthig, einige wenige zu beschreiben, nämlich: das Zellgewebe schlechtweg oder Parenchymzellen, Holzgewebe oder Holzparenchym, Bastgewebe und Gefäßgewebe (Gefäßbündel).

Das Holzgewebe oder die Holzzellen sind das einfachste Gewebe von allen, indem es bloß aus einer Zusammenhäufung von runden oder vielseitigen Zellen besteht, deren Wände dicht aneinander hängen und deren Säfte mehr oder weniger sich vermischen, je nach der Art ihres Zusamenmhanges. Das Parenchym ist das Grundgewebe jeder vegetabilischen Structur, indem es die einzige Form des Gewebes der einfacheren Pflanzenarten ist, und dasjenige, aus dem alle anderen sich entwickeln.

Das Holzgewebe, das Holzparenchym in seiner einfachsten Form besteht aus Zellen, die mehr- oder vielemal länger sind als breit, und die sich an beiden Enden zu einem Punkte zuspitzen.

Diese spindelförmigen Zellen hängen an ihren Seiten fest aneinander, und an ihren zugespitzten Enden überdecken sie sich dachziegelförmig und bilden in dieser Weise das zähe und dichte Holzgewebe.

Die Wände der Holzzellen sind oft mehr oder weniger

durch Ablagerungen von Cellulose, Lignin oder färbende Substanzen verdickt, je nach ihrem Alter und ihrer Lage; sie sind bisweilen getüpfelt oder durchlöchert, wie später (bei Fig. 53) erklärt werden wird.

Bastgewebe. Die Bastzellen sind lange, dünne Zellen, ähnlich den Holzzellen, aber gewöhnlich zarter und biegsamer. Der Name dieses Gewebes ist von seinem Vorkommen in dem Bast oder der inneren Rinde hergenommen. Flachs, Hanffaser und alles spinnbare Material von vegetabilischem Ursprung, Baumwolle ausgenommen, besteht aus Bastfasern. Die Bastzellen nehmen in der Rinde eine Stelle ein, welche welche der Anordnung der Holzzellen im Innern des Stammes entspricht (Fig. 49).

Prosenchyma ist der Name, den man auf alle Gewebe anwendet, die gleich dem Holz und dem Bast aus langgestreckten Zellen zusammengesetzt sind. Parenchym und Prosenchym gehen unmerkbar in einander über.

Gefäßgewebe. Als Gefäße werden die unverzweigten Röhren und Gänge, welche in allen höheren Ordnungen der Pflanzen gefunden werden, bezeichnet, die das Zellgewebe durchsetzen. Es giebt verschiedene Arten von Gefäßen, nämlich getüpfelte Gefäße, Ring- oder ringförmige Gefäße und Spiralgefäße, von denen Zeichnungen bei der Beschreibung der Structur des Stammes in ihren Einzelheiten gegeben werden (Fig. 49).

Die Bildung der Gefäße findet durch eine einfache Veränderung der Parenchymzellen statt.

Eine Längsreihe von aneinanderhängenden Zellen stellt eine Röhre dar, deren Hohlräume durch zahlreiche Quertheilungen geschlossen wird. Erst durch die Entfernung oder Durchlöcherung dieser Theilungen wird eine vollkommene Röhre gebildet. Diese Entfernung oder Durchlöcherung findet thatsächlich in der lebenden Pflanze durch einen Absorptionsproceß statt.

Drittes Kapitel.

Die Ernährungsorgane der Pflanzen.

§ 5.

Die Wurzel.

Die Wurzeln der Pflanzen wachsen, mit wenigen Ausnahmen, vom ersten Augenblick an, dem Gesetz der Schwere folgend, niederwärts. Im Allgemeinen erfordern sie ein feuchtes Medium. Sie können sich in Wasser oder feuchter Baumwolle bilden, und in vielen Fällen treiben sie aus Zweigen oder selbst aus Blättern, wenn diese Theile der Pflanze in die Erde oder in Wasser eingetaucht sind. Man kann nicht annehmen, daß sie das Licht zu vermeiden suchen, weil sie ihre volle Entwicklung, ohne in Dunkelheit gehalten zu werden, erlangen können. Die Einwirkung des Lichtes auf dieselben scheint indessen ungünstig auf ihre Functionen einzuwirken.

Das Wachsthum der Wurzeln erfolgt hauptsächlich durch Verlängerung und in geringerem Grade oder sehr langsam durch eine Vermehrung der Dicke. Die Verlängerung macht sich hauptsächlich gegen den unteren Theil der Wurzeln zu bemerklich, was von Wigand schon dargelegt wurde, indem er die jungen Wurzeln einer gekeimten Erbse durch Tintenstriche in vier gleiche Theile theilte. Nach drei Tagen hatten sich die zwei dem Samen am nächsten befindlichen Abtheilungen kaum verlängert, während die dritte doppelt so lang war und die vierte achtmal so lang wie vorher geworden war. Ohlerts machte ganz die nämlichen Beobachtungen an Wurzeln verschiedener anderer Pflanzenarten.

Das Wachsthum der Wurzel ist auf einen Raum von $^1/_6$ eines Zolles von der Spitze aufwärts beschränkt (Linnea 1837, S. 609 bis 631). Diese Eigenthümlichkeit macht die Wurzeln geeignet, sich durch den Boden nach allen Richtungen

hin zu verbreiten und in die kleinsten Poren oder Spalten einzudringen. Es ist auch der Grund, warum die Wurzeln, welche einmal beim Versetzen oder sonst abgeschnitten wurden, sich niemals mehr in die Länge ausdehnen.

Obgleich die älteren Theile der Wurzeln von Bäumen und die sogenannten Wurzelfrüchte einen beträchtlichen Durchmesser erlangen, so sind doch die Wurzeln, durch welche die Pflanze sich nährt, gewöhnlich fadenförmig und oft außerordentlich dünn.

Spongiolen. Die Spitzen der Wurzeln werden Spongiolen (Saugwarzen) genannt von der Annahme, daß ihre Gewebe ihnen zum Aufsammeln von Nahrung für die Pflanze besonders angepaßt seien, und daß die Absorption der Substanzen des Bodens ausschließlich durch sie stattfinde. Diese frühere Annahme ist nicht richtig, und in diesem Sinne bestehen die Saugwarzen nicht. Die wirklich lebende Spitze der Wurzel ist in der That nicht das äußerste Ende, sondern liegt etwas einwärts von diesem Punkte.

Fig. 36.



Wurzelhaube. Das äußerste Ende der Wurzel besteht gewöhnlich aus gelockerten Zellen, die theilweise von dem eigentlichen Zellgewebe der Wurzel abgelöst sind und die deshalb bald absterben und die nur als ein elastisches Kissen oder Haube dienen, um das wahre Ende oder die lebende Spitze der Wurzel im Act des Eindringens in den Boden zu schützen. Fig. 36 stellt einen vergrößerten Durchschnitt eines Theils einer Gerstenwurzel dar, welcher die losen Zellen, die sich von der Spitze abschürfen, zeigt. Diese Zellen sind mit Luft statt mit Saft gefüllt.

Ein sehr auffallendes Beispiel einer Wurzelhaube wird durch die Luftwurzeln von Pandanus odoratissimus geliefert, die in natürlicher Größe in Fig. 37 dargestellt sind. Diese

Fig. 37.



Luftwurzeln gehen von dem Stamm oberhalb des Bodens aus, wachsen abwärts, dringen in den Boden und werden Wurzeln im gewöhnlichen Sinne. Wenn die Wurzel frisch ist, so ist der Durchmesser derselben ganz gleichförmig, aber die Theile über der Wurzelhaube schwinden durch Eintrocknen, während die Wurzelhaube selbst ihren ursprünglichen Durchmesser beinahe behält und so ihre verschiedenartige Structur verräth.

Unterschied zwischen Wurzel und Stamm oder Stengel. Nicht alle unterirdischen Theile der Pflanze sind Wurzeln im eigentlichen Sinne des Wortes, obgleich sie gewöhnlich als solche bezeichnet werden. Die Knollen der Kartoffel und Topinambur, Kalmus, der Pfefferwurz (Dentaria diphyllla) sind nur unterirdische Stengel, von welchen vielerlei Arten vorkommen. Diese und alle anderen Stengel sind leicht von wahren Wurzeln durch die ausgehöhlten Knospen zu unterscheiden, von welchen an ihrer Oberfläche gewöhnlich Anzeigen gefunden werden, z. B. die Augen der Kartoffel.

Die Nebenwurzeln oder secundären Wurzeln sind in der That in ihren frühesten Stadien durch Anschwellungen an der Hauptwurzel gekennzeichnet, die aber nichts mit dem Bau ächter Knospen gemein haben.

Die Zwiebel ist eine fleischige Knospe, wie später bemerkt werden wird. Die eigentlichen Wurzeln der Zwiebel sind die Fasern, welche von der Basis der Knolle ausgehen. Die Wurzeln vieler Pflanzen zeigen keine Knospen auf ihrer Oberfläche und sind unfähig, dieselben unter irgend welchen Bedingungen zu entwickeln. Wurzeln von anderen Pflanzen können, wenn sie von der Mutterpflanze während der Wachsthumsperiode abgeschnitten sind, dieselben hervorbringen. Solche Pflanzen sind die Pflaume, der Apfel, die Pappel und der Weißdorn. Die ersteren gehen, wenn sie der Verbindung mit dem Stamm beraubt werden, zu Grunde. Die letzteren können neue Stengel und Blätter aus sich selbst treiben.

Pflanzen, wie die Pflaume, sind daher durch Wurzelabschnitte fortpflanzungsfähig, wenn man Stücke der Wurzeln in warme und feuchte Erde bringt.

Pfahlwurzeln. Alle Pflanzen, deren Samen sich leicht in zwei Theile spalten und deren Stämme sich durch Zufügung neuer Wachsthumsringe am Umfange vergrößern, die sogenannten Dikotyledonen, exogene Pflanzen, haben zuerst eine einzige herabsteigende Axe, die Pfahlwurzel, welche senkrecht in den Boden eindringt. Von dieser centralen Pfahlwurzel zweigen mehr oder weniger regelmäßig Nebenwurzeln ab, die sich wieder und wieder theilen. In vielen Fällen, besonders im Anfang, gehen die Nebenwurzeln mit großer Ordnung und Regelmäßigkeit von der Pfahlwurzel aus, wie man es bei den Aesten des Fichtenstammes oder einer jungen Weintraube sieht. Bei älteren Pflanzen verliert sich diese Ordnung, weil der Boden einer regelmäßigen Entwicklung mechanische Hindernisse entgegensetzt. In vielen Fällen wächst die Pfahlwurzel zu großer Länge und giebt der Bewurzelung der Pflanze ein sehr auffallendes Aussehen. Bei anderen dringt sie nur eine kurze Strecke in den Boden und wird von ihren Nebenwurzeln an Länge vielmal übertroffen. Die Pfahlwurzel ist sehr deutlich

in der canadischen Distel, dem Sauerampfer und in Keimlingen von Fruchtbäumen ausgebildet. Die oberen Theile der Pfahlwurzeln der Zuckerrübe, Turnips, Gelbrübe und vom Rettig dehnen sich durch die Cultur aus und werden eine fleischige, nahrhafte Masse, in welcher der besondere Werth dieser Pflanzen für die Landwirthschaft liegt. Die Nebenwurzeln anderer Pflanzen, wie der Dahlien und der süßen Kartoffel (Bataten), schwellen an ihren Enden zu Knollen auf.

Grund- oder Kronwurzeln. Die Monokotyledonen oder endogene Pflanzen, deren Samen sich nicht mit Leichtigkeit in zwei beinahe gleiche Theile spalten, und deren Stengel (Stämme) sich durch Wachsen von Innen heraus vergrößern, wie die Cerealien, Gräser, Lilien, Palmen 2c., haben keine einzelne Pfahlwurzel, sondern erzeugen Kronwurzeln, d. h. eine Anzahl von Wurzeln gehen auf einmal in schneller Aufeinanderfolge von der Basis des Stengels oder Halmes aus. Dies sieht man am deutlichsten bei der Zwiebel und Hyacinthe, wie auch beim Mais.

Wurzelfasern. Diesen Ausdruck wenden wir auf die dünnen Wurzeln an, die nicht stärker als Stecknadeln und nur wenige Zoll lang sind, welche zuletzt in der Ordnung des Wachsthums gebildet werden, indem sie sich zu den größeren Wurzeln verhalten, wie die Zweige sich zu den Aesten des Stammes verhalten.

Die Aufgaben der Wurzeln sind dreifache:

I. Die Pflanzen in der Erde zu befestigen und in den meisten Fällen in aufrechter Stellung zu erhalten;

II. die Nahrung aus dem Boden für das Wachsthum der ganzen Pflanze zu ziehen, und

III. bei vielen Pflanzen, besonders denjenigen, deren Lebensdauer sich über mehrere oder viele Jahre erstreckt, als Vorrathskammern für späteren Gebrauch der Pflanze zu dienen.

I. Die Stärke, mit der eine Pflanze in dem Boden befestigt ist, hängt von der Natur ihrer Wurzeln ab. Es ist leicht, eine Zwiebel vom Boden auszuheben; eine gelbe Rübe erfordert mehr Kraft, während ein Sauerampfer der vollen Stärke eines Mannes widersteht. Eine kleine Buche oder eine Keimpflanze des Apfelbaumes, welche Pfahlwurzeln haben widerstehen der Kraft eines Windes, der eine Maispflanze oder Pappel, welche nur Seitenwurzeln hat, niederwerfen würde. In den Baumschulen ist es üblich, die Pfahlwurzeln von Apfel-, Pfirsich- und anderen Bäumen, wenn sie sehr jung sind, abzuschneiden, damit sie leicht und sicher verpflanzt werden können, wenn es erforderlich ist. Die Tiefe und der Charakter des Bodens beeinflussen indessen bis zu einem gewissen Grade die Verbreitung der Wurzeln und die Zähigkeit ihres Haltes. Die Wurzeln des Mais, welche in reichem, zähem Boden nur zwei oder drei Fuß sich ausbreiten, sind in leichtem, sandigem Boden auf zehn und fünfzehn Fuß verfolgt worden. Die Wurzeln des Klees, und besonders die der Luzerne, dringen sehr tief in den Boden, und die letzteren erreichen zuweilen eine Länge von 30 Fuß. Man hat Wurzeln von Eschen beobachtet, die 95 Fuß lang waren. (Journ. Roy. Ag. Soc. VI, p. 342.)

II. Wurzelabsorption. Pflanzennahrung aus dem Boden zu ziehen, ist eine von den größten und wichtigsten Aufgaben der Wurzeln, wofür sie sehr weise durch folgende Eigenthümlichkeiten eingerichtet sind, nämlich:

a) Durch die Zartheit ihres Baues, besonders der jüngeren Theile, deren Zellen sehr weich und absorbirend sind. Man kann dies leicht zeigen, wenn man die junge Keimpflanze einer Bohne in eine Indigolösung eintaucht; die Wurzeln erlangen in Kurzem eine blaue Farbe von der absorbirten Flüssigkeit, während der Stamm, von dem ein Theil dieser

Pflanze sich unterhalb des Samens ausdehnt, eine beträchtliche Zeit unverändert bleibt.

Es ist eine gewöhnliche, aber irrige Annahme, daß die Absorption vom Boden nur durch die Enden der Wurzeln, durch die sogenannten Spongiolen, stattfinden kann. Im Gegentheil, die äußersten Spitzen der Wurzelfasern können durchaus keine Flüssigkeiten aufnehmen. (Ohlerts a. a. O., siehe S. 249.) Alle anderen Theile der Wurzeln, so lange sie noch jung und zart an der Oberfläche, sind fortwährend thätig, Nahrung aus dem Boden einzusaugen.

In den meisten perennirenden Pflanzen werden in der That die älteren Wurzeläste nach einiger Zeit mit einer korkigen oder anderweitigen, beinahe undurchlassenden Haut überzogen, und die Functionen der Absorption werden dann den Wurzelfasern übertragen. Dies kann man leicht darthun, wenn man eine alte braungefärbte Wurzel einer Pflanze in Wasser taucht, dabei aber die zarten, noch nicht verhärteten Enden über der Flüssigkeit hält. Eine so situirte Pflanze welkt beinahe ebenso schnell, als wenn die Wurzeloberfläche ganz der Luft ausgesetzt wäre.

b) Die rasche Längenausdehnung und die große Oberfläche, welche sie mit dem Boden in Berührung bringt, macht die Wurzel weiter geeignet, Nahrung zu sammeln.

Die Länge der Wurzel in directer Linie von ihrem Ausgangspunkt ist thatsächlich kein Kriterium, womit man die Wirksamkeit und den Umfang der Ernährung der Pflanze, zu der sie gehört, schätzen kann; denn zwei Pflanzen können gleich üppig gedeihen — indem sie gleich gut von ihren Wurzeln ernährt werden — wenn diese Organe in dem einen Falle auch nur einen Fuß und in dem andern Falle zwei Fuß von dem Stamm, zu dem sie gehören, sich ausdehnen. In einem Falle können weniger Wurzeln und längere, im andern Falle mehr Wurzeln und kürzere vorhanden sein. Die Gesammtlänge,

oder richtiger gesagt die gesammte absorbirende Oberfläche kann in beiden beinahe dieselbe sein.

Das Medium, in welchem die Wurzeln wachsen, hat einen großen Einfluß auf dieselben. Wenn sie in concentrirten Lösungen oder in sehr fruchtbarem Boden sich befinden, sind sie kurz und reichlich verzweigt. Wo die Nahrung karg ist, sind sie geringer an Zahl, dünn und haben verhältnißmäßig eine kleine Anzahl Wurzelfasern. Beispielen für den erstern Fall begegnen wir öfters. Knochen und Düngermassen findet man nicht selten vollständig wie mit Wolle bedeckt und von kräftigen Wurzeln durchdrungen. Andererseits sind die Wurzeln, die in armem, sandigem Boden wachsen, sehr lang und dünn.

Nobbe hat einige Versuche beschrieben, die diesen fraglichen Punkt vollständig erledigen. (Vers.-Stat. IV, S. 212.) Er ließ in einem Glascylinder in einem magern Thonboden Mais wachsen; jedes Gefäß hatte eine Quantität künstlichen Düngers in besonderer Lage und Verbreitung erhalten, um seinen Einfluß auf die Wurzeln zu beobachten. Nachdem die Pflanzen beinahe vier Monate gewachsen waren, wurden die Gefäße in Wasser getaucht, bis die Erde erweicht war, so daß die Wurzeln durch ein schwaches Umrühren vollständig von Erde befreit werden konnten.

Diese nahmen, in einem mit Wasser gefüllten Glasgefäß aufgehängt, beinahe dieselbe Stelle ein, welche sie in der Erde inne hatten, und man bemerkte, daß, wo der Dünger durch und durch mit der Erde vermischt war, die Wurzeln gleichförmig die ganze Erdmasse durchsetzt hatten.

Wo der Dünger in einer horizontalen Lage in eine Tiefe von etwa einem Zoll gebracht war, hatten die Wurzeln in dieser Tiefe eine Decke der feinsten Fasern gebildet.

Wo der Dünger in einer horizontalen Lage in die halbe

Tiefe des Gefäßes gebracht war, hatte sich auch das Wurzelsystem tellerförmig ausgebreitet.

In dem Cylinder, wo der Dünger eine senkrechte Lage rings der Wände bildete, waren die äußeren Wurzeln in zahlreichen Verzweigungen verbreitet, während die Wurzeln im Inneren verhältnißmäßig wenig verzweigt waren. In Töpfen, wo der Dünger in der Mitte einen senkrechten Kern bildete, waren umgekehrt die inneren Wurzeln beträchtlich mehr entwickelt als die äußeren. In einem Gefäß endlich, wo der Dünger in einer horizontalen Lage am Boden desselben geschichtet war, hatten sich die Wurzeln in dünnen und leicht verzweigten Fasern verlängert, bis sie mit der untern Schicht in Berührung kamen, wo sie sich stark vermehrten und verzweigten. In allen Fällen findet die Hauptentwicklung der Wurzel in unmittelbarer Nachbarschaft des Materials statt, welches sie mit Nahrung versehen kann.

Man hat oft beobachtet, daß eine Pflanze, deren Zweige in der Luft symmetrisch um den Stamm vertheilt sind, den größern Theil ihrer Wurzeln an einer Seite hat, und dann finden wir wieder Wurzeln, die nach einer Seite zu dick mit Wurzelfasern versehen sind, während sie auf der andern Seite beinahe entblößt von denselben sind.

Sichtbares Suchen nach Nahrung. Es könnte beinahe bei oberflächlicher Betrachtung scheinen, daß die Wurzeln mit einer Art vernünftigen Instincts begabt seien, denn sie scheinen aufs Suchen ihrer Nahrung auszugehen. Die Wurzeln der Pflanzen treiben bei ihrem ersten Auftreten unabhängig von den Nährstoffen, die in ihrer Nähe sich befinden mögen. Sie werden von der Pflanze organisirt und ernährt, ohne Rücksicht, ob das Medium, das sie umgiebt, fruchtbar oder unfruchtbar ist.

Erst wenn sie eine bestimmte Entwicklung erreicht haben, sind sie im Stande, ihren Dienst, Nahrung zu sammeln, auszuüben.

Wenn Nahrung vorhanden ist, so absorbiren sie dieselbe und werden von derselben zugleich mit der ganzen Pflanze ernährt — und wachsen in Folge davon. Je reichlicher der Nährstoff vorhanden, desto besser ernähren sie sich und desto mehr vervielfältigen sie sich. Die Pflanze sendet ihre Wurzelfasern nach allen Richtungen; diejenigen, welche mit Nährstoffen in Berührung kommen, leben, vergrößern und verbreiten sich; diejenigen, welche keine Nahrung finden, bleiben unentwickelt oder gehen zu Grunde.

Die Menge der Wurzeln, die wirklich mit einer Pflanze in Verbindung stehen, ist gewöhnlich viel länger und zahlreicher, als man bei rauhem Ausheben aus dem Boden schätzen kann. Die Wurzeln von Klee und Weizen zum Beispiel vollständig aus der Erde zu ziehen ist eine Sache von nicht geringer Schwierigkeit. Die zufriedenstellendsten Beobachtungen, die wir über die Wurzeln verschiedener wichtiger Früchte, die im Felde wachsen, besitzen, hat Schubert gemacht.

Er trennte sie durch folgendes Auskunftsmittel von dem Boden: Er ließ eine Ausgrabung von 6 Fuß Tiefe in den Boden machen und richtete einen Wasserstrahl gegen die senkrechten Wände des Bodens, bis er hinweggewaschen war, so daß die Wurzeln der Pflanzen, die in demselben gewachsen waren, bloßgelegt wurden. Die so entblößten Wurzeln aus einem Roggenfelde, einem Bohnenfelde und von Erbsen aus einem Gartenbeete hatten das Aussehen einer Matte oder eines Filzes von weißen Fasern bis zu einer Tiefe von ungefähr 4 Fuß von der Oberfläche des Feldes. Die Wurzeln von Winterweizen beobachtete er in einem leichten Untergrund bis zu einer Tiefe von 7 Fuß, 47 Tage nach der Saat. Die Wurzeltiefe von Winterweizen, Winterroggen und Winterraps sowohl als von Klee war 3 bis 4 Fuß. Die Wurzeln von einjährigem Klee waren 3½ Fuß lang, die von zweijährigem Klee nur 4 Zoll länger. Die Menge der Wurzeln in Pro-

centen der ganzen Pflanze in trockenem Zustande fand man wie folgt (Chem. Ackersmann I, S. 193):

Winterweizen, untersucht am letzten April	40	Procent
"	" " Mai	22	"
Roggen	" " " April	34	"
Erbsen, untersucht 4 Wochen nach der Saat		44	"
"	" zur Zeit der Blüthe . .	24	"

Auch Hellriegel hat die Bewurzelung der Gerste und des Hafers studirt. (Hoff, Jahresbericht 1864, S. 106.) Er zog die Pflanzen in großen Glastöpfen und trennte ihre Wurzeln durch sorgfältiges Waschen mit Wasser von Erde. Er beobachtete, daß direct von der Basis des Halmes 20 bis 30 Wurzeln seitwärts und abwärts abzweigten. Diese Wurzeln hatten an ihrem Ausgangpunkt einen Durchmesser von $^1/_{25}$ eines Zolles; etwas tiefer verminderte sich der Durchmesser auf $^1/_{100}$ eines Zolles. Indem sie mit Beibehaltung dieses Durchmessers abwärts gehen, theilen und verzweigen sie sich bis zu einer gewissen Tiefe. Von diesen Hauptwurzeln zweigen sich zahlreiche Nebenwurzeln ab, welche sich wiederum verzweigen, und so fort sich verzweigend, füllen sie jede Ritze und Pore des Bodens.

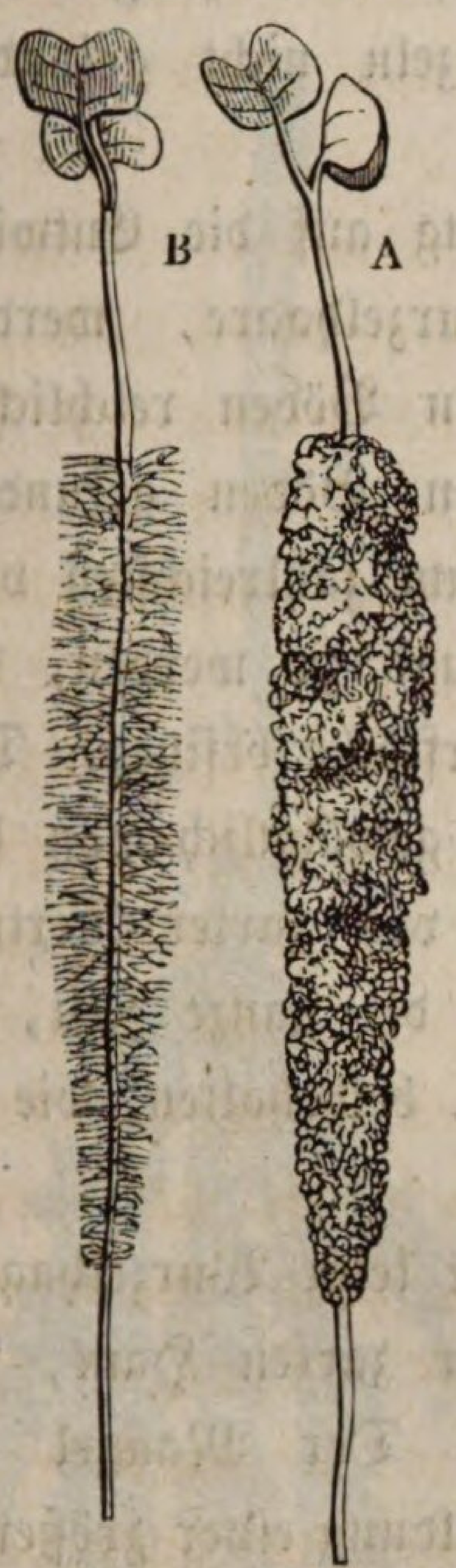
Um die Gesammtlänge der Wurzeln zu ermitteln, wog und ermittelte Hellriegel die Länge eines ausgewählten Durchschnittstheils. Nachher wog er das ganze Wurzelsystem und berechnete daraus die ganze Länge. Er schätzte die Wurzellänge einer kräftigen Gerstenpflanze auf 128 Fuß, die von dem Hafer auf 150 rheinische Fuß. Er fand, daß ein kleines Maß guter feiner Erde für diese Wurzelentwicklung genügte; $^1/_{40}$ Cubikfuß ($4 \times 4 \times 2^3/_4$ Zoll) reichten bei diesen Versuchen für die Gerstenpflanze aus, $^1/_{32}$ für eine Haferpflanze.

Hellriegel bemerkt auch, daß die Qualität des Bodens die Entwicklung beeinflußt. In einem reichen porösen Gartenboden erzeugte eine Gerstenpflanze 128 Fuß Wurzeln, in einem

grobkörnigeren, festeren Boden dagegen eine gleiche Pflanze nur 80 Fuß Wurzeln.

Wurzelhaare. Die wirkliche absorbirende Oberfläche der Wurzeln kann in den meisten Fällen ohne Zuhülfenahme des Mikroskopes nicht gewürdigt werden.

Fig. 38.

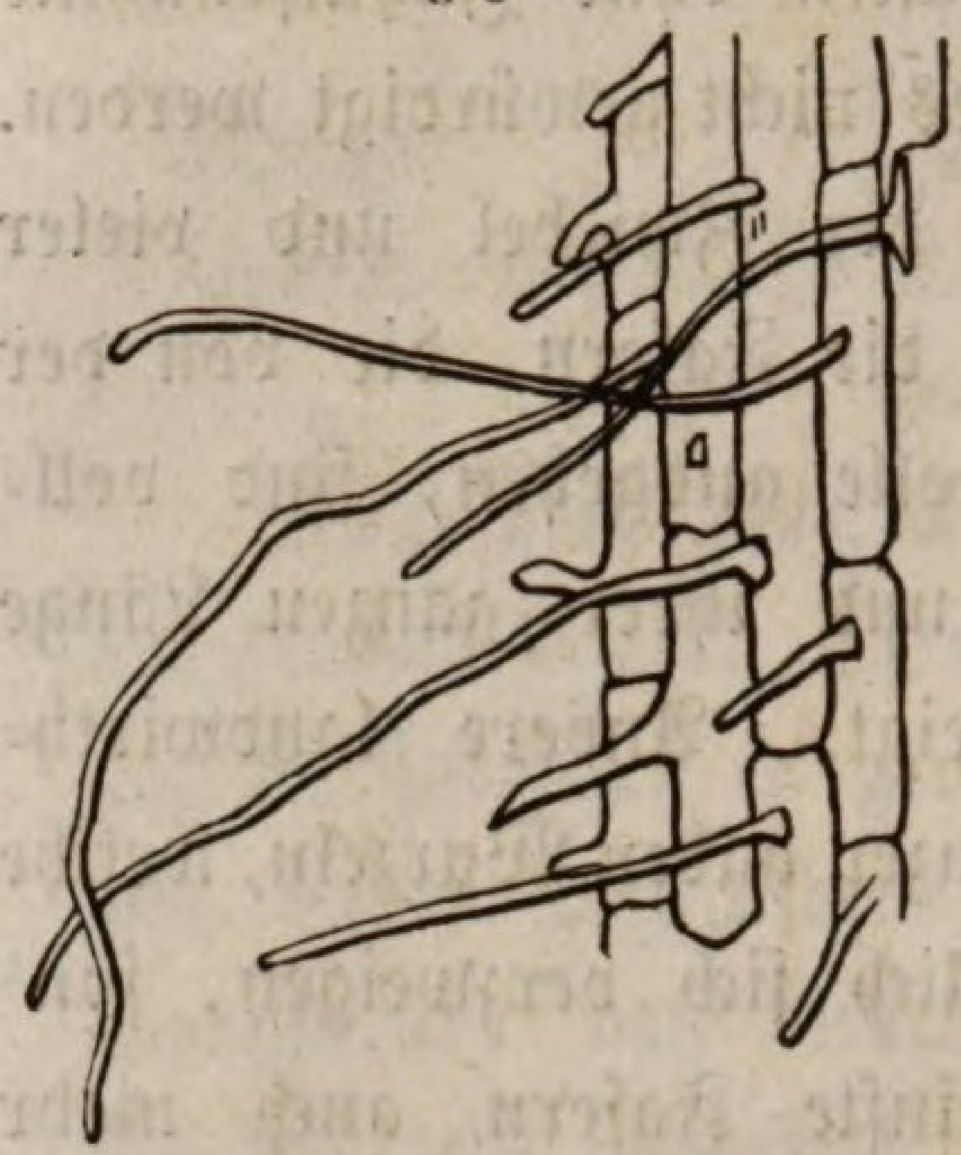


Die Wurzeln der Zwiebel und vieler Knollen, d. h. die Fasern, die von der Basis der Knolle ausgehen, sind vollständig glatt und ihrer ganzen Länge nach unverzweigt. Andere landwirthschaftliche Pflanzen haben Wurzeln, welche nicht nur sichtlich sich verzweigen, sondern deren feinste Fasern auch mehr oder weniger mit kleinsten, kaum mit freiem Auge wahrnehmbaren Haaren bedeckt sind. Diese Wurzelhaare bestehen immer aus röhrenförmigen Verlängerungen der äußeren Wurzelzellen, und durch sie wird die wirklich dem Boden dargebotene Oberfläche bedeutend vergrößert. Das beigefügte Bild zeigt das Aussehen der Wurzelhaare. Fig. 38 stellt die junge Keimpflanze des Senfs dar. *A* ist die vorsichtig aus dem Sand gehobene Pflanze, in dem sie gewachsen war, und *B* dieselbe Pflanze, nachdem sie durch Hin- und Herbewegen in Wasser von anhängender Erde befreit ist.

Die junge Wurzel, mit Ausnahme der Spitze, ist dicht mit Haaren besetzt. In Fig. 39 (a. f. S.) ist ein winziger Theil einer Gerstenwurzel stark vergrößert dargestellt. Die Haare sind, wie man sieht, dünne Röhren, die von den äußeren Wurzelzellen ausgehen und selbst einen Fortsatz derselben bilden.

Die älteren Wurzeln verlieren ihre Haare und erleiden eine Verdickung der äußersten Zellschicht durch eine Ablagerung von Kork. Diese dichtwandigen und beinahe undurchdringlichen

Fig. 39.



Zellen hängen zusammen und bilden eine Rinde, die in jungen und thätigen Wurzeln nicht gefunden wird.

In Bezug auf die Entwicklung der Wurzelhaare, werden diese in armen Böden reichlicher als in reichen Böden gefunden und scheinen am zahlreichsten von Wurzeln erzeugt zu werden, die sonst eine dichte und nichtabsorbirende Oberfläche besitzen. Die Wurzeln der Pflanzen ohne Haare sind gewöhnlich von beträchtlicher Dicke und bleiben weiß und von zarter Textur, indem sie ihre Absorptionsfähigkeit durch die ganze Zeit, in welcher sich die Pflanze vom Boden nährt, beibehalten, wie in dem Falle mit der Zwiebel.

Die Weißtanne (Abies pectinata) hat keine Wurzelhaare, aber die Wurzelfasern sind mit einer sehr zarten Haut, die sehr geeignet zur Absorption ist, bedeckt. Der Mangel an Wurzelhaaren wird außerdem durch die Biildung einer größeren Anzahl Wurzelfasern, compensirt; diese gehen meist, bevor sie oberflächlich undurchlassend geworden sind, zu Grunde und werden während der Vegetationszeit beständig durch neue ersetzt. (Schacht, Der Baum, 165.)

Berührung der Wurzeln mit dem Boden. Die Wurzelhaare werden, indem sie sich in dem Boden ausbreiten, natürlich in nahe Berührung mit kleinsten Theilchen (Partikeln) des Bodens gebracht. Diese Berührung ist viel inniger, als man gewöhnlich vorausgesetzt hat. Wenn wir eine junge Weizenpflanze vorsichtig aus trockner Erde heben, bemerken wir, daß

Fig. 40.



Fig. 41.



jede Wurzelfaser mit einer Hülle von Erde bekleidet ist. Diese hängt mit beträchtlicher Zähigkeit daran, so daß ein schwaches Rütteln nicht im Stande ist dieselbe loszulösen, und wenn sie durch heftiges Schütteln oder Waschen größtentheils entfernt

Fig. 42.

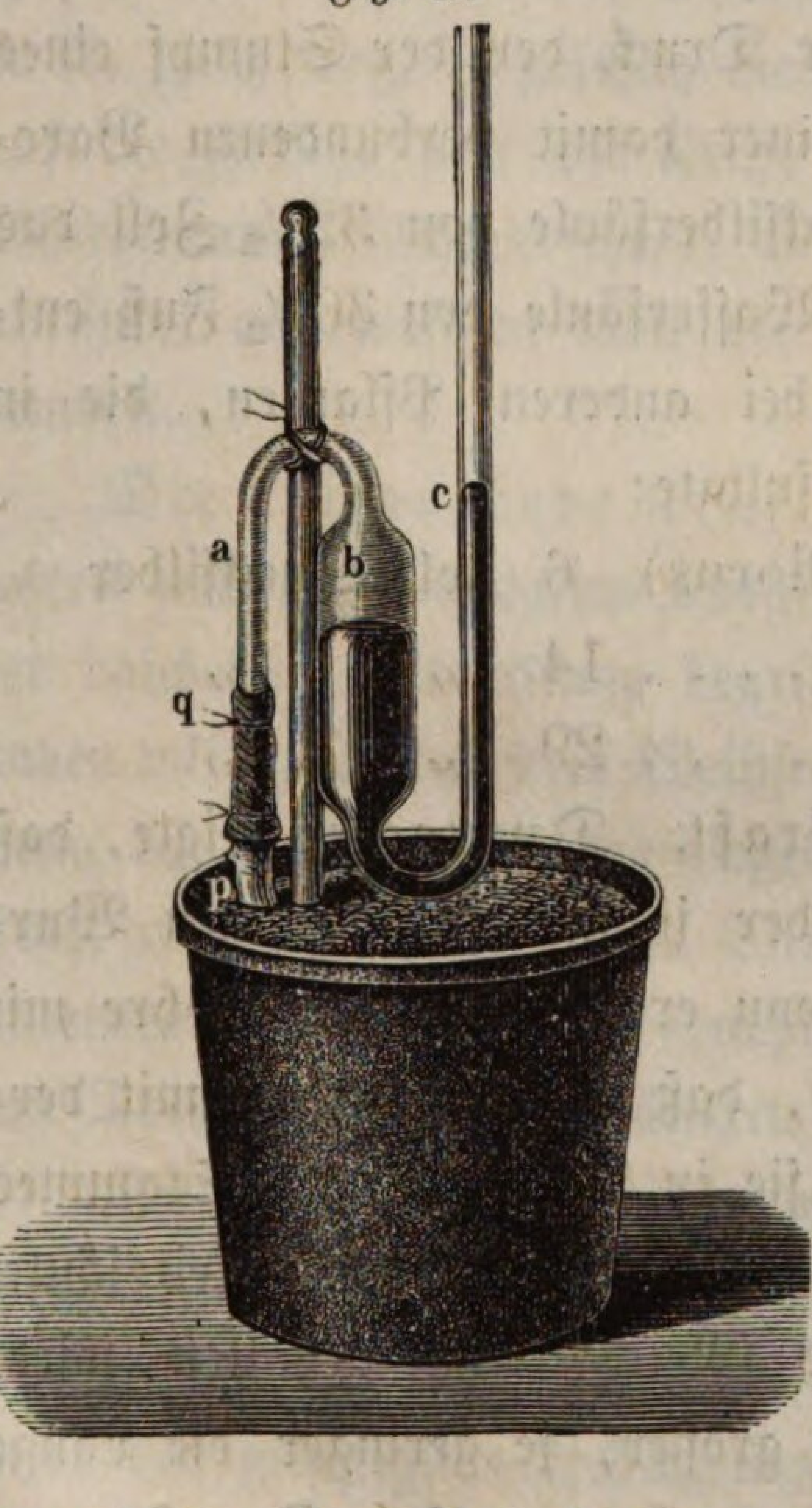


ist, so findet man entweder die Wurzelhaare abgebrochen oder in vielen Fällen untrennbar an den Erdtheilchen haften.

Fig. 40 (a. v. S.) zeigt das Aussehen einer jungen aus dem Boden gehobenen Weizenpflanze, ziemlich stark geschüttelt. *S* das Samenkorn; *b* die Blattscheide; *e* Wurzeln mit Haaren bedeckt und in Erde eingehüllt. Nur die wachsenden Wurzelspitzen *w*, welche keine Haare getrieben haben, kommen rein

aus dem Boden. Fig. 41 (a. S. 277) stellt die Wurzel einer Weizenpflanze, die einen Monat älter als die in der vorhergehenden Figur ist, dar. In diesem Falle sind nicht nur die Wurzelspitzen, wie vorher, nackt, sondern auch die älteren Theile der primären Wurzeln *e*, wie die secundären Wurzeln *n* halten die Erdtheilchen nicht mehr zurück; die Haare auf denselben sind in der That todt und verwest. Nur die jüngeren Theile der Wurzeln sind mit thätigen Haaren bekleidet, und an diesen haftet der Boden fest wie im vorigen Beispiel. Fig. 42 stellt das Aussehen der Wurzelhaare mit daranhängenden Erdtheilchen bei 800facher Vergrößerung dar. *A* Wurzelhaare von einem Weizenkeimling gleich Fig. 40; *B* von einer Haferpflanze, beide von lehmigem Boden. Hier sieht man das innige Anhaften des Bodens an den Wurzelhaaren. Die letzteren, indem sie ihren Weg gegen einen beträchtlichen Widerstand erzwingen, umspannen und hüllen theilweise die Erdtheilchen ein.

Fig. 43.



Einsaugen von Wasser durch die Wurzeln. Der Grad der Kraft, mit welchem thätige Wurzeln das Wasser aus der Erde einsaugen, ist sehr groß und in der That hinreichend, um die Flüssigkeit aufwärts in den Stamm zu pressen und einen fortdauernden Druck auf alle Theile der Pflanzen auszuüben.

Wenn der Stamm einer kräftig wachsenden Pflanze in der Nähe der Wurzel abgeschnitten und mit einer Barometerröhre verbunden wird, wie in Fig. 43, so haben wir ein

Mittel, die Kraft, mit der die Wurzeln das Wasser auffaugen, zu beobachten und zu messen. Die Barometerröhre enthält in dem mittleren Reservoir *b* und in der Röhre *c* eine Portion Quecksilber. Sie ist mit dem Stamm der Pflanze *p* durch einen starken Gummischlauch *q**) verbunden. Zum genauen Messen muß der Raum *a* und *b* mit Wasser gefüllt sein. So hergerichtet findet man, daß das Wasser durch den Stamm in *a* eintritt und das Quecksilber in der Röhre *c* hebt, bis der Druck desselben hinreichend wird, um der auffaugenden Kraft der Wurzel das Gleichgewicht zu halten.

Hales, der vor 140 Jahren in dieser Weise zuerst so experimentirte, fand, daß der Druck, den der Stumpf eines Weinstocks im Frühjahre in einer damit verbundenen Barometerröhre ausübte, einer Quecksilbersäule von $32\frac{1}{2}$ Zoll das Gleichgewicht hielt, was einer Wassersäule von $36\frac{1}{2}$ Fuß entspricht. Hofmeister erhielt bei anderen Pflanzen, die in Töpfen wurzelten, folgende Resultate:

Bohne (Phaseolus multiflorus)	6	Zoll Quecksilber
Brennnessel	14	" "
Weinstock	29	" "

Sitz der Absorptionskraft. Dutrochet zeigte, daß diese Kraft in der Oberfläche der jungen und thätigen Wurzeln ruht. Er fand zuletzt, wenn er die Barometerröhre mit dem Ende der Wurzel verband, daß die Auffaugung mit derselben Kraft wirkte, als wenn sie in der Nähe des Stammes mit ihr verbunden war. In der That ist die Flüssigkeitssäule, welcher durch die Wurzel das Gleichgewicht gehalten wird, unter sonst gleichen Umständen größer, je geringer die Länge des Stammes ist, mit dem sie verbunden ist. Der Stamm setzt dem Aufsteigen der Flüssigkeit einen Widerstand entgegen.

*) Stellt man den Versuch mit kleinen Pflanzen an, so genügt es, eine Glasröhre mittelst eines Gummibandes senkrecht am Stumpfe zu befestigen.

Während der Sitz der Auffaugung der Wurzeln in der Nähe der Endpunkte derselben liegt, scheint es aus Versuchen von Ohlerts hervorzugehen, daß die Spitzen selbst unfähig sind Wasser aufzusaugen. Bei Versuchen mit jungen Erbsen, Lein, Lupinen und Meerrettigpflanzen mit unverzweigten Wurzeln fand er, daß dieselben rasch starben, wenn die Spitzen der Wurzeln etwa $^1/_4$ Zoll ins Wasser eingetaucht waren und die übrigen Theile sich in feuchter Luft befanden. Ohlerts bewies außerdem, daß diese Pflanzen gediehen, wenn nur der mittlere Theil ihrer Wurzeln in Wasser eintauchte. Hielt er die Wurzelspitzen oder sogenannten Spongiolen in der Luft oder schnitt er sie ganz weg, so geschah dies, ohne einen sichtbaren Einfluß auf die Frische und die Kraft der Pflanze auszuüben. Die absorbirende Fläche erscheint auf die Theile der Wurzeln beschränkt, auf welchen man die Entwicklung der Wurzelhaare bemerkt.

Die auffaugende Kraft wird von den thätigen Wurzelfasern und am kräftigsten ausgeübt, wenn diese im Stadium der raschesten Entwicklung begriffen sind. Aus diesem Grunde finden wir z. B. bei dem Weinstock, daß während des Herbstes, wenn die Ruhezeit für die Vegetation eintritt, die absorbirende Kraft nur gering ist. Die Wirkung dieses kräftigen Wassereintrittes in die Pflanze verursacht oftmals die Ausschwitzung von Tropfen auf den Blättern.

Dies kann man bei junggeschoßten Maispflanzen oder anderen Cerealien beobachten, wo das Wasser aus den äußersten Spitzen der Blätter heraustritt, besonders wenn die Keimung unter den günstigsten Bedingungen für eine rasche Entwicklung stattgefunden hat.

Das Bluten des Weinstocks, wenn er im Frühjahr geschnitten wird, der reichliche Fluß des Saftes des Zuckerahorns und der Wasserulme sind schlagende Beispiele dieser Wasseraufsaugung aus dem Boden durch die Wurzeln. Diese

Beispiele sind in der That Ausnahmen in Bezug auf die Stärke, aber bezeichnend für den Vorgang. Hofmeister hat gezeigt, daß das Bluten verschiedener Pflanzenstümpfe eine allgemeine Thatsache ist und sich bei allen Pflanzen ereignet, wenn die Wurzeln thätig sind, wenn der Boden sie reichlich mit Wasser versehen kann, und wenn die Zellgewebe oberhalb der absorbirenden Theile mit Wasser angefüllt sind. Wenn dies nicht der Fall ist, kann bei dem Versuche aus der Röhre Wasser in den Stamm und die größeren Wurzeln eindringen, bis die Bedingungen der Thätigkeit wieder hergestellt sind.

In Bezug auf die äußeren Umstände, die einen Einfluß auf die Absorptionskraft der Wurzel ausüben, muß die Temperatur genannt werden. Beobachtet man an einem klaren Sommertage eine mit einem Pflanzenstumpfe verbundene Barometerröhre, so bemerkt man gewöhnlich, daß das Quecksilber am Morgen, wenn die Sonne den Boden erwärmt, steigt und eine Reihe von Stunden zu steigen fortfährt, und dann wieder fällt, wenn die Sonne sinkt. Sachs fand in einigen von seinen Versuchen, daß bei 5° Cels. die Absorption bei einer Tabackspflanze und bei einer Kürbispflanze beinahe ganz unterdrückt war, aber von Neuem sofort anfing, wenn der Topf in warmes Wasser getaucht wurde.

Die äußere Zufuhr von Wasser. Es ist klar, daß, wenn eine Pflanze sich in dem Boden befindet, der Grad der Feuchtigkeit, des Bodens, wenn auch nicht die einsaugende Kraft, doch die Aeußerung derselben beeinflussen muß.

Das Maß, die Größe der Absorption ist Veränderungen unterworfen, welche von anderen noch wenig gekannten Ursachen abhängen. Sachs beobachtete, daß die Menge der Flüssigkeit, welche aus einem gerade über dem Boden abgeschnittenen Kartoffelstengel heraustrat, von Stunde zu Stunde (während Regenwetter), wo der Boden mit Wasser gesättigt

war und das Thermometer beständige Temperatur anzeigte, starke und beständige Veränderungen erlitt. Hofmeister stellte fest, daß die Bildung neuer Wurzeln und Knospen in dem Stamm mit einem Sinken des Wassers in der Barometerröhre begleitet war.

Nahrungsaufnahme aus dem Boden. Die Nahrung der Pflanze, soweit sie vom Boden genommen wird, tritt im Zustand der Lösung in dieselbe und wird mit dem Wasser absorbirt, welches durch die in den Wurzelfasern wirkende Kraft aufgenommen wird. Die Absorption der in Wasser gelösten Körper ist einigermaßen unabhängig von der Wasserabsorption selbst, indem die Pflanze bis zu einem gewissen Grade ein Wahlvermögen hat.

„Wir müssen hier hinzufügen, daß die Aufnahme der Nährstoffe nur wohl zum kleinen Theil durch Aufnahme einer im Boden circulirenden Lösung, wie Schuhmacher und Consorten annehmen, erfolgt, sondern daß man, seitdem man die Eigenschaften des Bodens kennt, die Nährstoffe der Pflanzen den Lösungen zu entziehen, nothwendig gezwungen ist, anzunehmen, daß die Wurzeln selbst bei der Lösung der Nährstoffe mitwirken und den größten Theil ihres Nahrungsbedürfnisses an Mineralsubstanzen direct aus den von der Krume absorbirten Nährstoffen decken. Als eine Folge und Beweis mit für diese Kraft der Wurzeln sehen wir das innige Anhaften der Erdtheilchen an die Wurzelhaare an, das wir vorher kennen gelernt haben.

Die Mitwirkung des Wassers ist dabei selbstverständlich. Der Unterschied zwischen der älteren Ansicht und der jetzt allein berechtigten ist der, daß bei der früheren Ansicht die Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanzen entweder im Verhältniß zu der in die Pflanze aufgenommenen Wassermasse steht, oder zur Concentration der im Boden circulirenden Nährstofflösung. Bei der jetzigen Ansicht giebt nicht die

Wassermenge noch auch die Concentration der Bodenlösung, von der wir gar nichts wissen, sondern die Menge der vom Boden theils physikalisch, theils fein zertheilt chemisch gebundenen Nährstoffe, bei sonst gleichen Umständen, den Ausschlag. Das Wahlvermögen wird gerade durch diese Eigenschaft den Pflanzenwurzeln wohl noch wesentlich erleichtert."

(Der Uebersetzer.)

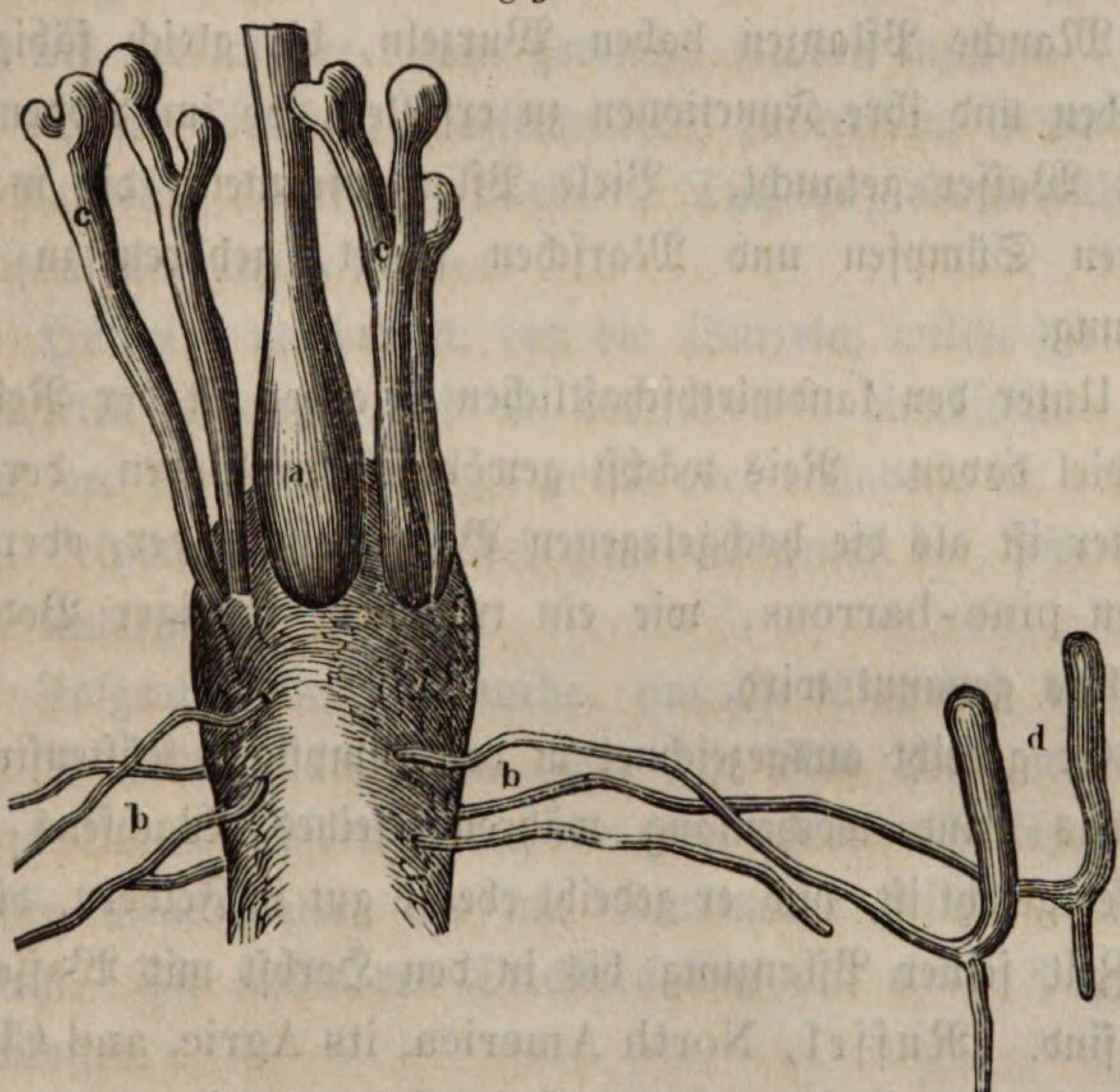
3) Die Wurzel als Nährmagazin. In den fleischigen Wurzeln, wie die von Gelbrüben und Turnips, findet die Absorption der Nährstoffe vom Boden hauptsächlich, wenn nicht ganz, vermittelst der dünnen Wurzelfasern, welche reichlich von allen Theilen der Pfahlwurzel ausgehen, und besonders von den unteren Enden aus, statt, während der fleischige Theil als ein Magazin dient, in dem große Mengen Pectose, Zucker rc. während des ersten Jahres des Wachsthums dieser (in unseren Breitegraden) zweijährigen Pflanzen aufgehäuft sind, um die Bedürfnisse der Blüthen und des Samens, welche im zweiten Jahre entwickelt werden, zu decken. Wenn man eine dieser Knollen in dem zweiten Jahre in den Boden setzt und Samen zieht, so findet man dieselbe völlig an ihren nahrhaften Substanzen, welche sie vorher in so reichlicher Menge enthielt, erschöpft. Beim Anbau vermehrt der Landwirth nicht allein stark den Umfang dieser Rüben und den Vorrath an organischen Nährstoffen, welche sie enthalten, sondern indem er sie im Herbste aus dem Boden nimmt, verwendet er die Substanzen, welche die Natur ursprünglich zur Ernährung und zum Wachsthum der Blüthen und Samen für den folgenden Sommer bestimmt hatte, zur Nahrung für sich selbst und vorzugsweise für sein Vieh.

Bodenwurzeln. Wasserwurzeln. Luftwurzeln. Wir unterscheiden, je nach dem Medium, in welchem sie gebildet werden und wachsen, drei Arten von Wurzeln: Bodenwurzeln, Wasserwurzeln und Luftwurzeln.

Die meisten landwirthschaftlichen Pflanzen und in der That bei weitem die größte Zahl aller Pflanzen, die in gemäßigten Klimaten gefunden werden, besitzen nur Wurzeln, die ausschließlich dem Boden angepaßt sind, und welche, wenn lange der Luft ausgesetzt, durch Eintrocknen zu Grunde gehen oder, wenn längere Zeit in Wasser eingetaucht, faulen.

Viele Wasserpflanzen sterben dagegen, wenn ihre Wurzeln aus dem Wasser oder aus mit Wasser gesättigter Erde entfernt werden.

Fig. 44.



Luftwurzeln sind, außer bei tropischen Pflanzen, nicht häufig. Die Maispflanze entwickelt indessen oft von dem unteren Stengelglied Wurzeln, welche mehrere Zoll durch die Luft wachsen, bis sie den Boden erreichen. Der Banianbaum in Indien sendet seine Wurzeln von den Zweigen aus, welche in gleicher Weise wie Bodenwurzeln in die Erde dringen. Viele tropische Pflanzen, besonders aus der Familie der Orchideen,

treiben Wurzeln, die frei in der Luft schweben und niemals mit Wasser oder Erde in Berührung kommen.

Eine Pflanze, die den Botanikern unter dem Namen Zamia spiralis bekannt ist, sendet nicht nur Luftwurzeln *c c* (Fig. 44) von der Krone der Hauptbodenwurzel aus, sondern auch die Seitenwurzeln *b* senden, nachdem sie sich eine Strecke horizontal in dem Boden verbreitet, von demselben Punkte Wurzeln abwärts und aufwärts aus; die letzteren von diesen, *d*, gehen und bleiben dauernd in der Luft. (Schacht, Anatomie der Gewächse, Bd. II, S. 151.)

Manche Pflanzen haben Wurzeln, die gleich fähig sind zu leben und ihre Functionen zu erfüllen, ob im Boden oder unter Wasser getaucht. Viele Pflanzenformen, die man in unseren Sümpfen und Marschen findet, gehören zu dieser Gattung.

Unter den landwirthschaftlichen Pflanzen ist der Reis ein Beispiel davon. Reis wächst gewöhnlich in Boden, der nicht feuchter ist als die hochgelegenen Baumwollenfelder, oder auch in den pine-barrens, wie ein trockener, sandiger Boden in Carolina genannt wird.

Er gedeiht ausgezeichnet in den sumpfigen Küstenstrichen, wo das Land wochenlang während seines Wachsens unter Wasser gesetzt ist, und er gedeiht ebenso gut in Feldern, die von der Zeit seiner Pflanzung bis in den Herbst mit Wasser bedeckt sind. (Russel, North America, its Agric. and Climat. p. 176.) Die Weide und die Erle, Bäume, die an den Ufern von Flüssen wachsen, senden einen Theil ihrer Wurzeln in den Boden, der beständig mit Wasser gesättigt ist, oder in das Wasser selbst, während ein anderer Theil nur in feuchter oder selbst trockener Erde wurzelt.

Pflanzen, die gewöhnlich ihr Wachsthum auf die Erde beschränken, senden gelegentlich ihre Wurzeln aus, um Wasser zu suchen, und verstopfen zuweilen die Drainröhren oder selbst

Quellen durch den Reichthum von Wasserwurzeln, welche sie ausgehen lassen.

Bei Wolbeck in England war ein Drain vollständig durch die Wurzeln von Meerrettigpflanzen bei einer Tiefe von 7 Fuß verstopft. In Thornsby Park war ein 16 Fuß tiefer Drain vollständig durch die Wurzeln einer Stechginster, die in einer Entfernung von 6 Fuß von dem Drain wuchs, verstopft. (Journ. Roy. Ag. Soc. I, 364.)

In New-Haven, Connecticut, sind gewisse Brunnen so durch die Wasserwurzeln der Ulmbäume verwachsen, daß sie alle zwei bis drei Jahre davon gereinigt werden müssen.

Dieses Streben, Wasserwurzeln zu treiben, ist wiederholt bei Pappeln, Cypressen, Lorbeer, Turnips, Runkelrüben und Gräsern beobachtet worden.

Henrici muthmaßt, daß die Wurzeln, welche die meisten cultivirten Pflanzen tief in den Boden hinabschicken, selbst wenn der letztere keineswegs porös oder einladend ist, besonders dazu bestimmt sind, Wasser zum Gebrauch der Pflanze aus dem Untergrund zu ziehen.

Folgender Versuch wurde, um die Wahrheit dieser Ansicht zu prüfen, angestellt. Am 13. Mai 1862 wurde eine junge Brombeerpflanze, die nur zwei Blätter hatte, in einen großen Glastrichter, der mit Gartenerde gefüllt war, verpflanzt. Die Kehle des Trichters war mit einem Papierfilter geschlossen.

Der Trichter wurde in dem Mund einer großen Glasflasche befestigt, und der Hals reichte beinahe bis auf den Boden der letzteren, wo er gerade in eine Portion Wasser eintauchte. Die Erde in dem Trichter wurde anfangs durch zeitweises Bewässern mäßig feucht erhalten. Nach vier Wochen durchdrangen vier starke Wurzeln das Filter und verlängerten sich in dem Trichterhals, durch welchen sie am 21. Juni in das Wasser der Flasche eintauchten, worin sie sich dann rasch

ausbreiteten. Von dieser Zeit an wurde der Boden nicht mehr gewässert, aber man trug Sorge, den Wasservorrath in der Flasche zu erhalten.

Die Pflanze fuhr fort sich langsam zu entwickeln, ihre Blätter erlangten indessen keine lebhaft grüne Farbe, sondern blieben blaß und gelb; sie welkten nicht bis zu der gewöhnlichen Zeit, spät im Herbste. Die Wurzeln fuhren fort zu wachsen und erfüllten das Wasser mehr und mehr. Gegen Ende December hatte die Pflanze 7 bis 8 Blätter und eine Höhe von 8 Zoll. Die Wasserwurzeln waren kräftig, sehr lang und mit zahlreichen Fasern und Knospen besetzt, in der Trichterröhre hatten die Wurzeln ein vollständiges Fasergewebe gebildet. Der Stengel und die jungen axillaren Blätterknospen waren auch voll Saft. Nachdem die Wasserwurzeln abgeschnitten waren und die Pflanze in einem Glashaus in Gartenboden gesetzt war, wuchs sie kräftig weiter und trieb zwei Schößlinge.

Der Versuch zeigt, daß Pflanzen einen Theil ihrer Wurzeln in den Untergrund treiben, wesentlich zu dem Zweck, um Wasservorräthe für die Pflanze zu sammeln. (Henneberg's Journ. für Landwirthschaft, 1863, S. 280.) Das Wachsen nach dem Wasser zu muß aus dem Princip erklärt werden, dessen Vorhandensein in dem Paragraph „Sichtbares Suchen nach Nahrung" (S. 272) behauptet wurde.

Die Samen vieler gemeinen Landpflanzen — oder von Pflanzen überhaupt, die für gewöhnlich in trockenem Boden wachsen, wie die Bohnen, Kürbis, Mais ꝛc. — keimen leicht in feuchter Baumwolle oder Sägespänen, und wenn die Wurzeln einer dieser wohlgekeimten jungen Pflanzen in Wasser gehängt und der Same und Stengel über der Flüssigkeit gehalten werden, fahren sie fort zu wachsen, und wenn gehörig mit Nahrung versorgt, durchläuft sie alle gewöhnlichen Stadien der Entwicklung und bildet reichliche Blätter, Blüthen und vollkommene Samen, ohne einen Augenblick ihre Wurzeln mit

dem Boden in Berührung zu bringen. (Siehe Wassercultur, S. 167.)

Wenn Pflanzen, die in einem flüssigen Medium wachsen, nachdem sie mehrere große Blätter getrieben haben, sorgfältig in die Erde verpflanzt werden, so welken sie und gehen zu Grunde, wenn sie nicht häufig begossen werden, während die gleichen Pflanzen, wenn sie in der Erde erzogen sind, ohne im mindesten zu leiden, umgepflanzt werden können, wenn auch der Boden nur seinen gewöhnlichen Feuchtigkeitsgrad hat und kein Wasser erhält.

Wenn die in Wasser gezogenen Keimpflanzen reichlich begossen werden, so lange die Blätter welken, erholen sie sich nach einiger Zeit und fahren dann fort ohne besonderes Begießen zu wachsen.

Es erscheint daher, daß die erst gebildeten Wasserwurzeln unfähig sind, die Pflanzen in trockener Erde zu ernähren, und daher muß der Boden im Anfang reichlich gewässert werden; nach einiger Zeit bilden sich indessen neue Wurzeln, welche der geänderten Situation (Standort) der Pflanze angepaßt sind, und das Wachsthum schreitet dann in gewöhnlicher Weise fort.

Der umgekehrte Versuch scheint diese Ansicht zu bestätigen. Wenn eine Keimpflanze eine kurze Zeit lang in dem Boden gewachsen ist, so daß ihre Wurzeln nur zwei- oder dreimal verzweigt sind, und diese werden in Wasser gesetzt, so gehen die bereits gebildeten Wurzeln größtentheils oder ganz zu Grunde. Sie absorbiren in der That Wasser, und die Pflanze wird durch sie erhalten; aber sogleich wachsen von der Basis sehr schnell neue Wurzeln hervor und treten an die Stelle der ursprünglichen Wurzeln, welche desorganisirt und dadurch nutzlos werden.

Es sind indessen nur die jungen thätigen Wurzeläste und die, welche mit Haaren bedeckt sind, welche im Wasser zu leben

versagen. Die älteren Theile der Wurzeln, welche ohne Fasern sind und welche beinahe aufgehört haben werkthätig bei der Absorption zu sein, werden durch diesen Wechsel in den Umständen nicht berührt. Diese Thatsachen, welche man den Untersuchungen von Dr. Sachs (Vers.-Stat. 2, S. 13) verdankt, führen naturgemäß zu dem Schlusse, daß die absorbirende Oberfläche eine Structurveränderung erleidet, oder daß neue Wurzeln mit veränderten Eigenschaften erzeugt werden, um sie dem Medium, in das sie gesetzt sind, anzupassen. Es scheint daher, daß die Pflanze, wenn diese Anpassung rasch vor sich geht, bei einem allmäligen Wechsel in dem Charakter des Mediums, welches ihre Wurzeln umgiebt, nicht dauernd in ihrem Wachsthum verlangsamt wird, wie sich dies manchmal bei dem Reis und den Sumpfpflanzen ereignen kann, daß nämlich der mit Wasser gesättigte Boden, in dem sie wachsen, zeitweise langsam abtrocknet. Plötzliche Wechsel in dem Medium, in dem die Wurzeln von Pflanzen sich befinden, die sich nur langsam anpassen können, würden für ihr Leben verderblich sein.

Nobbe hat indessen die Wurzeln von Buchweizen, die sich in der Erde entwickelt, mit denen, die im Wasser gezogen, verglichen, ohne im Stande zu sein, irgend einen Unterschied in der Structur zu finden. Die oben erörterten Thatsachen erlauben eine theilweise, wenn nicht völlige Erklärung ohne Zuhülfenahme der Behauptung, daß Boden- und Wasserwurzeln wesentlich in ihrer Natur verschieden sind. Wenn eine im Boden gewurzelte Pflanze so aus dem Boden genommen wird, daß die Fasern nicht zerrissen oder verletzt sind, und sie werden dann ins Wasser gesetzt, so erleiden sie, wie Sachs bei späteren Versuchen fand, durchaus keine Störung im Wachsthum. (Experimental-Physiologie, S. 177.) Gewöhnlich ist die Unterbrechung und das Verwesen der Fasern und Würzelchen ohne Zweifel den mechanischen Verletzungen zuzuschreiben, die

sie beim Herausnehmen aus dem Boden erleiden. Ebenso ereignen sich, wenn eine in Wasser gezogene Pflanze in Erde gesetzt wird, ähnliche Verletzungen beim Andrücken der Erde um die Wurzeln, und was noch mehr ist, die Wurzelfasern können nicht in die nahe Berührung mit der Erde gebracht werden, welche nöthig ist, um die Blätter mit Wasser zu versehen; daher welken die Pflanzen und gehen leicht zu Grunde, wenn sie nicht reichlich mit Wasser versehen oder vor Verdunstung geschützt werden.

Das Auftreten von Wasser- oder Bodenwurzeln oder beider bei derselben Pflanze, je nach den Umständen, in welche sie versetzt ist, findet eine Analogie in Bezug auf die Luftwurzeln. Wie vorher bemerkt, kommen diese vorzugsweise bei tropischen Pflanzen vor oder in schattigen, warmen und sehr feuchten Lagen. Schacht berichtet uns, daß in den dunklen, feuchten Waldschluchten von Madeira und Teneriffa der Laurus Canariensis, ein großer Baum, während der Herbstregen von seinem Stamme einen Ueberfluß von fleischigen Luftwurzeln aussendet, welche den Rumpf mit den eingeflochtenen Zweigen bedecken und bis zu einem Zoll Dicke anwachsen. In dem darauf folgenden Sommer trocknen sie ein und fallen auf den Boden, um im folgenden Herbste wieder durch neue ersetzt zu werden. (Der Baum, S. 172.)

Die Bildung der Luftwurzeln kann leicht beobachtet werden, wenn man eine große Flasche einen halben Zoll hoch mit Wasser anfüllt und einen Zweig einer gemeinen Hauspflanze, der Tradescantia zebrina, einschiebt, so daß das abgeschnittene Ende des Stammes im Wasser steht, und endlich die Flasche luftdicht zukorkt.

Diese Pflanze, welche ein sehr zähes Leben hat und gewöhnlich trotz aller Vernachlässigung gut wächst, wird bei dieser eben beschriebenen Behandlung nicht in ihrer vegetativen Entwicklung gehindert, sondern beginnt sofort sich ihren neuen Verhältnissen anzupassen. Wenn die Temperatur 21° Cels. oder etwas mehr hat, sieht man in wenigen Tagen von den Gliedern des Stammes Luftwurzeln ausgehen; diese sind mit einem Ueberfluß von zarten Haaren befranzt und strecken sich

rasch zu einer Länge von 1 bis 2 Zoll. Die unteren, wenn sie zufällig in das Wasser kommen, verfärben sich und sterben ab, die anderen bleiben indessen lange Zeit frisch und von weißer Farbe.

Wie bereits erwähnt, erzeugt der Mais häufig Luftwurzeln. Dasselbe gilt von dem Hafer, Buchweizen, dem Weinstock und anderen Pflanzen der gemäßigten Zonen, wenn sie eine Zeit lang in tropische Verhältnisse versetzt werden, d. h., wenn sie in sehr reichem Boden wachsen und ihre oberirdischen Organe von einer sehr warmen und sehr feuchten Atmosphäre umgeben sind.

Man hat behauptet, daß diese Luftwurzeln zur Absorption von Feuchtigkeit aus der Luft dienen, um das Wachsthum der Pflanzen zu erhalten. Dieser Gegenstand wurde von Unger, Chatin und Duchartre studirt. Die erstgenannten Forscher wurden zu dem Schlusse geführt, daß diese Organe Wasser aus der Luft anziehen. Duchartre leugnet indessen ihre Absorptionsfähigkeit. Es ist wahrscheinlich richtig, daß sie bis zu einem gewissen Grade Wasser, was sich in Dunstform in der Luft befindet, absorbiren können und absorbiren.

Gleichzeitig können sie aber schwerlich genug verdichten, um den Verlust, der in anderen Theilen der Pflanze durch Verdunstung stattfindet, auszugleichen. Daher die Resultate Duchartre's, welche bei der ganzen Pflanze und nicht von der Wurzel allein erlangt wurden. (Eléments de Botanique, p. 216.)

Offenbar scheint es unwahrscheinlich, daß Organe, welche sich nur in feuchter Atmosphäre bilden, wo die Pflanze keinen Mangel an Wasser haben kann, besonders mit der Aufgabe betraut sein sollen, Feuchtigkeit aus der Luft zu sammeln.

Wurzelausscheidungen. Man hat behauptet, daß die Wurzeln der Pflanze auch Ausscheidungsfunctionen, die der Absorption entgegengesetzt, vollziehen — daß Pflanzen, wie die Thiere, Substanzen, die sie nicht länger in ihrem Organismus verwenden können, ausscheiden, und daß diese ausgeschiedenen

Substanzen für die Pflanzenart, von der sie herrührten, giftig seien. De Candolle, ein ausgezeichneter französischer Botaniker, stellte zuerst diese Lehre auf; er gründete sie auf die Beobachtung, daß gewisse Pflanzen, wenn sie in trockenen Sand gesetzt werden, Tropfen von Flüssigkeiten aus ihren Wurzeln ausschwitzen, und daß von Wurzeln anderer Pflanzen Gerüche ausgehaucht würden. Es sind zahlreiche Versuche zu verschiedenen Zeiten angestellt worden, um diese Frage zu entscheiden. Die ausgedehntesten sind die von Dr. Alfred Gyde. (Trans. Highland and Agr. Soc. 1845 bis 1847, p. 273 bis 292.)

Dieser Versuchsansteller pflanzte verschiedene Pflanzen, wie Weizen, Gerste, Hafer, Roggen, Bohnen, Erbsen, Wicken, Kohl, Senf und Turnips, in Töpfe, die entweder mit Gartenerde, Sand, Moos oder Holzkohle gefüllt waren, und nachdem sie eine beträchtliche Größe erreicht hatten, wurde die Erde ꝛc. von ihren Wurzeln durch Waschen mit Wasser entfernt, indem man alle Sorge anwendete, sie nicht zu verletzen und nicht zu verwunden, und dann wurden die Wurzeln in Gefäße mit reinem Wasser eingetaucht. Die Pflanzen wurden nun in diesem Zustande, bei welchem die Wurzeln im Dunkeln gehalten wurden, während die Blätter dem Licht ausgesetzt waren, von 3 bis zu 17 Tagen gelassen. In den meisten Fällen blieben sie sichtlich in einem guten Gesundheitszustande. Am Ende der Versuchszeit wurde das mit den Wurzeln in Berührung gewesene Wasser verdunstet und man fand, daß eine sehr geringe Menge einer gelblichen oder braunen Masse zurückblieb; ein Theil davon war organischen und der Rest mineralischen Ursprungs. Dr. Gyde schloß aus diesen zahlreichen Versuchen, daß die Pflanzen organische und unorganische Substanzen ausscheiden, die ihren Säften in der Zusammensetzung ähnlich sind, daß aber die Menge verschwindend klein ist und den Pflanzen, welche sie liefern, nicht schädlich sind.

Nach den neueren Untersuchungen, welche die Structur der Wurzel und ihr Anpassungsvermögen an das Medium, von welchem sie gerade umgeben sind, betreffen, dürfen wir wohl bei landwirthschaftlichen Pflanzen in gesundem Zustande die Ausscheidung von flüssigen oder festen Substanzen aus ihren Wurzeln bezweifeln. Die bekannten Ausscheidungen von Gummi, Harz, Zucker*) aus dem Stamm von Bäumen scheint eine Folge von Wunden oder Krankheiten zu sein. Die Stoffe, die von den Wurzeln dem Wasser mitgetheilt werden und die von Gyde und Anderen in ihren Versuchen beobachtet wurden, können entweder von dem beständigen Abstoßen der Wurzelkappen durch die innere Wachsthumsspitze — — ein Proceß, der immer das Wachsthum der Wurzeln begleitet (ob auch bei Wassercultur?) — oder von der Desorganisation der absorbirenden Wurzelhaare herrühren.

Unter gewissen Umständen diffundiren geringe Mengen Mineralsalze aus den Wurzelzellen in das Wasser des Bodens. Dies ist indessen kein physiologischer Vorgang, sondern ein bloßer physikalischer Proceß.

Ausscheidung von Kohlensäure ist übrigens ebenfalls beobachtet worden.

Lebenskraft der Pflanzen. Es scheint, daß bei den meisten Pflanzen die Wurzeln ihre Lebensfähigkeit nicht lange erhalten können, wenn ihre Verbindung mit den Blättern unterbrochen wird, wenn sie nicht etwa in Wintertemperatur gehalten werden. Daher können Unkräuter mit Erfolg zerstört werden, wenn man ihre Stengel über der Wurzel abschneidet, wenngleich in vielen Fällen der Proceß mehrmals wiederholt werden muß, bevor der Zweck erreicht wird.

Die Wurzeln unserer passend genannten Wurzelfrüchte, wie Zuckerrüben, Turnips, Gelbrüben und Pastinake, enthalten,

*) Von der verletzten Rinde der Zuckerfichte (Pinus Lambertiana) in Californien.

wenn sie im Herbste geerntet sind, auf der Krone der Wurzel die Wachsthumselemente des Stammes 2c. für das zweite Jahr, in Form einer Knospe. Wenn die Krone der Wurzel weggeschnitten wird, so kann die letztere nicht wachsen, während das Wachsthum der Krone selbst dadurch nicht verhindert wird.

In Bezug auf den inneren Bau der Wurzel ist dieser dem Stamm sehr ähnlich, und was auf den folgenden Seiten über den letzteren gesagt wird, bezieht sich in allen wesentlichen Punkten auch auf die erstere.

§ 2.

Der Stengel.

Bei einem keimenden Samen erscheint der Stengel kurz nach dem Hervorbrechen der Wurzelfasern. Er hat im Allgemeinen eine aufwärtssteigende Richtung, welche bei vielen Pflanzen dauernd ist, während er bei anderen bald auf die Erde fällt und nachher horizontal wächst. Alle Pflanzen höherer Ordnung haben Stengel, obgleich diese in vielen Fällen nicht über dem Boden erscheinen, sondern sich unter der Oberfläche des Bodens ausbreiten und dann gewöhnlich als Wurzeln angesehen werden.

Während die Wurzel nur in Ausnahmsfällen andere Organe entwickelt, ist es die besondere Aufgabe des Stammes oder der Stengel, Blätter, Blüthen und Samen zu tragen, und bei gewissen Pflanzenfamilien, wie bei den Cacteen, welche keine Blätter haben, verrichten sie die Functionen dieser Organe. Im Allgemeinen sind die Functionen des Stengels den Functionen der Organe, welche er trägt — der Blätter und Blüthen — untergeordnet.

Er ist der Träger dieser Organe und dehnt sich in die Länge und Breite aus, mit dem offenbaren Zweck, dieselben entweder mechanisch zu unterstützen oder denselben Nahrung zuzuführen.

Knospen. In den Samen liegt der Stengel in einem rudimentären Zustande, verbunden mit unentwickelten Blättern, welche die Knospe bilden. Der Stamm geht stets zuerst aus einer Knospe hervor, endigt während seines ganzen Wachsthums stets an jedem Endpunkt mit einer Knospe und hört nur auf mit einer Knospe versehen zu sein, wenn sein Wachsthum durch die Production von Samen vollendet ist oder wenn er durch Verletzungen oder Krankheit stirbt.

Fig. 45.



In der Blattknospe finden wir eine Anzahl embryonaler Blätter und blattähnlicher Schuppen in naher Berührung, eines über dem andern, aber alle an ihrer Basis an einer in der Mitte befindlichen conischen Axe befestigt (Fig. 45). Das Oeffnen der Knospe besteht in einer Verlängerung der Axe, welche der Stamm ist, und in einer folgenden Trennung der Blätter von einander. Wenn man die rudimentären Blätter einer Knospe durch einen Satz Blumentöpfe versinnbildlicht, wo immer die kleineren innerhalb der größeren sitzen, und wenn man durch die im Boden der Töpfe befindlichen Löcher sich ein Gummiseil gezogen denkt, so stellt dieses Seil den Stengel dar. Das Wachsthum des Stengels kann man nun veranschaulichen, wenn man das Seil ausdehnt, wobei die Töpfe von einander entfernt werden. Die ganze Combination zeigt den Charakter eines voll entwickelten Stengels, der seine

Blätter in regelmäßigen Zwischenräumen trägt, mit dem wichtigen Unterschiede, daß die Theile des Stengels, welche der Wurzel am nächsten liegen, sich schneller ausdehnen als die über ihr befindlichen, und daß der Stengel in sich das Material und den Mechanismus besitzt, für die ununterbrochene Bildung neuer Knospen zu sorgen, welche sich in aufeinanderfolgender Ordnung entfalten.

In Fig. 45 sind zwei Terminalknospen eines Fliederzweigs dargestellt; man sieht nicht nur die äußere Erscheinung der Knospe, die mit blattähnlichen Schuppen bedeckt ist, gleich Schindeln eines Daches, sondern wir sehen auch im Durchschnitt die unteren Enden der unentwickelten Blätter mit der conischen Axe verbunden. Alle Blätter und der ganze Stengel des Zweiges eines Sommertriebes liegen so in der Knospe in verkleinertem Maßstabe geordnet. Das nachfolgende Wachsthum ist nur die weitere Entwicklung dieser Anordnung im Kleinen.

Die Blüthenknospen zeigen denselben Bau, nur mit dem Unterschied, daß die rudimentären Blüthen und Früchte innerhalb der Blätter eingeschlossen sind und oft deutlich gesehen werden können, wenn man die Knospe durch Zerschneiden öffnet.

Stengel (Halme), Knoten, Stengelglieder (Internodien). Die Gräser und die gemeinen Halmfrüchte haben einen einzelnen unverzweigten Stengel, in der botanischen Sprache Halm genannt. Die Blätter dieser Pflanzen umschlingen den Halm (Stamm) an ihrer Basis ganz, und an diesem Punkte ist ein gut ausgesprochener verdickter Knoten um den Halm gebildet. Die Theile des Stengels oder Halmes zwischen diesen Knoten werden Internodien, Zwischenglieder, genannt.

Zweige. Andere landwirthschaftliche Pflanzen, außer den eben erwähnten, und alle Bäume der gemäßigten Zone haben Zweige, die in folgender Weise entstehen: Wenn der Hauptstamm sich verlängert, so daß die Blätter auf demselben

getrennt von einander geordnet stehen, so finden wir eine oder mehrere Seiten- oder Axillarknospen an den Punkten, wo die Basen der Blätter oder der Blattstengel sich mit dem Stamm vereinigen. In dem Falle, daß ihr Wachsthum nicht gestört wird, gehen von diesen Knospen Seitenstämme oder Zweige (Aeste) aus, welche sich wiederum in gleicher Weise in kleinere Zweige theilen.

Auch bei perennirenden Pflanzen, wenn sie jung oder in ihren jungen Schößlingen sind, lassen sich Knoten und Internodien oder die Punkte, wo die Blätter aufsitzen, und die dazwischen liegenden Räume, leicht verfolgen, selbst einige Zeit, nachdem die Blätter, welche nur ein Jahr dauern, weggefallen sind. Die Knoten stellen sich durch Verdickung des Stengels oder durch die mit korkiger Substanz bedeckten Narben dar, welche den Ort bezeichnen, wo die Blätter angefügt waren. Beim Aelterwerden des Stengels verlieren sich diese Anzeigen seiner ersten Entwicklung allmälig.

In einem Walde, wo die Bäume dicht geschaart sind, sterben die unteren Zweige aus Mangel an Licht ab; die Narben, die von ihrer Entfernung herrühren, werden mit neugewachsenem Holz bedeckt, so daß der Stamm bis zu großer Höhe endlich aussieht, als wäre er immer ohne Zweige gewesen.

Wenn alle Knospen sich normal und im richtigen Verhältniß entwickeln, so hat die so regelmäßig gebaute Pflanze ein symmetrisches Aussehen, was sich bei vielen Kräutern und bei einigen zapfentragenden Bäumen, besonders der Balsamföhre, findet.

Schlafende Knospen. Oft bleiben indessen die Knospen beständig oder eine Zeit lang unentwickelt. Viele Seitenknospen unserer Wald- und Fruchtbäume wachsen niemals, während andere keinen Fortschritt machen bis zu dem auf ihr Erscheinen folgenden Sommer. Wenn die thätigen Knospen durch Frost oder Abkneipen zerstört sind, so werden andere

Knospen, die sonst schlafend geblieben wären, ins Wachsthum gerufen. Auf diese Weise bedecken sich die Bäume, deren junge Blätter im Frühjahr vom Frost zerstört wurden, wiederum nach einiger Zeit mit Laub. Auf diese Weise formt endlich auch der Gärtner einen wilden, schlecht gestalteten Strauch oder Baum in beinahe jede Form, die er wünscht; durch die Entfernung von Zweigen und Knospen, wo sie in unpassendem Verhältniß gewachsen, hält er nicht allein ein Uebermaß zurück, sondern er ruft auch in anderen vorher unterdrückten Theilen eine Entwicklung derselben heror.

Adventiv- oder Nebenknospen werden vom Stamm sowohl, als von älteren Wurzeln vieler Pflanzen aus erzeugt, wenn sie während der Wachsthumsperiode mechanisch verletzt werden. Der Ahorn und die Roßkastanie treiben, wenn abgeschnitten, gewöhnlich Knospen und neue Stengel von dem Stumpf aus, und die Korbweide wird jährlich gestümmelt, um das Wachsen schlanker Schößlinge aus dem alten Strunk zu veranlassen.

Verlängerung des Stengels (des Stammes). Während die Wurzeln sich vorzugsweise an ihren Enden ausdehnen, finden wir, daß der Stengel sich gleichförmig oder nahezu so in allen seinen anstoßenden Theilen verlängert, wie dies in der bereits sinnbildlich dargestellten Entwicklung desselben aus der Knospe erläutert wurde.

Neben dem aufrechtstehenden Stengel giebt es noch verschiedene niederliegende (kriechende) und zum Theil unterirdische Stengel, welche kurz erwähnt sein sollen.

Ausläufer oder Stocksprossen sind Stengel, die horizontal gerade über dem Boden ausgesendet werden; kommen sie in Berührung mit der Erde, so treiben sie Wurzeln und bilden neue Pflanzen, welche dann unabhängig für sich wachsen können. Der Gärtner macht von diesen Stengeln Gebrauch, um gewisse Pflanzen fortzupflanzen (Ableger).

Die Erdbeeren bieten ein bekanntes Beispiel von Ausläufern, während viele junge Schößlinge der Johannisbeeren sich zu Boden senken und Ausläufer werden. Der Ausläufer ist ein etwas eigenthümlicher Stengel. Er tritt horizontal aus dem Hauptstamm und hat gewöhnlich wenige oder keine Blätter. Der Stöckling unterscheidet sich nicht von einem gewöhnlichen Stengel, ausgenommen durch den Umstand, daß er oft zufällig niederliegend wird. Viele Pflanzen, welche für gewöhnlich keine Ausläufer aussenden, werden dessenungeachtet künstlich zu Ablegern benutzt, indem man ihren Stengel oder ihre Zweige auf die Erde biegt, oder wenn man dieselben in oder durch einen Ballen oder Topf voll Erde steckt. Das Wurzelschlagen von diesen Ablegern wird in vielen Fällen durch halbes Einschneiden, durch Umdrehen oder anderweitige Verletzungen des Stengels an der Stelle, wo er in die Erde vergraben wird, erleichtert.

Das Bestocken des Weizens und anderer Cerealien und vieler Gräser ist das Ausbreiten der Pflanze durch Ausläufer. Der erste Halm, der von diesen Pflanzen erscheint, steigt senkrecht auf, aber die folgenden Stengeltriebe wachsen eine Zeit lang beinahe wagerecht. Sie kommen so in Berührung mit dem Boden und treiben aus ihren unteren Gliedern Wurzeln. Von diesen wachsen wiederum neue Stengel und neue Wurzeln in rascher Aufeinanderfolge; so hat man beobachtet, daß aus einem einzigen Korn Winterweizen, das vollständigen Raum und Freiheit im Wachsen hatte, Stöcke erzeugt wurden, die 50 bis 60 Aehren tragende Halme zählten. (Hallet, Journ. Roy. Soc. of Engl. 22, p. 372.)

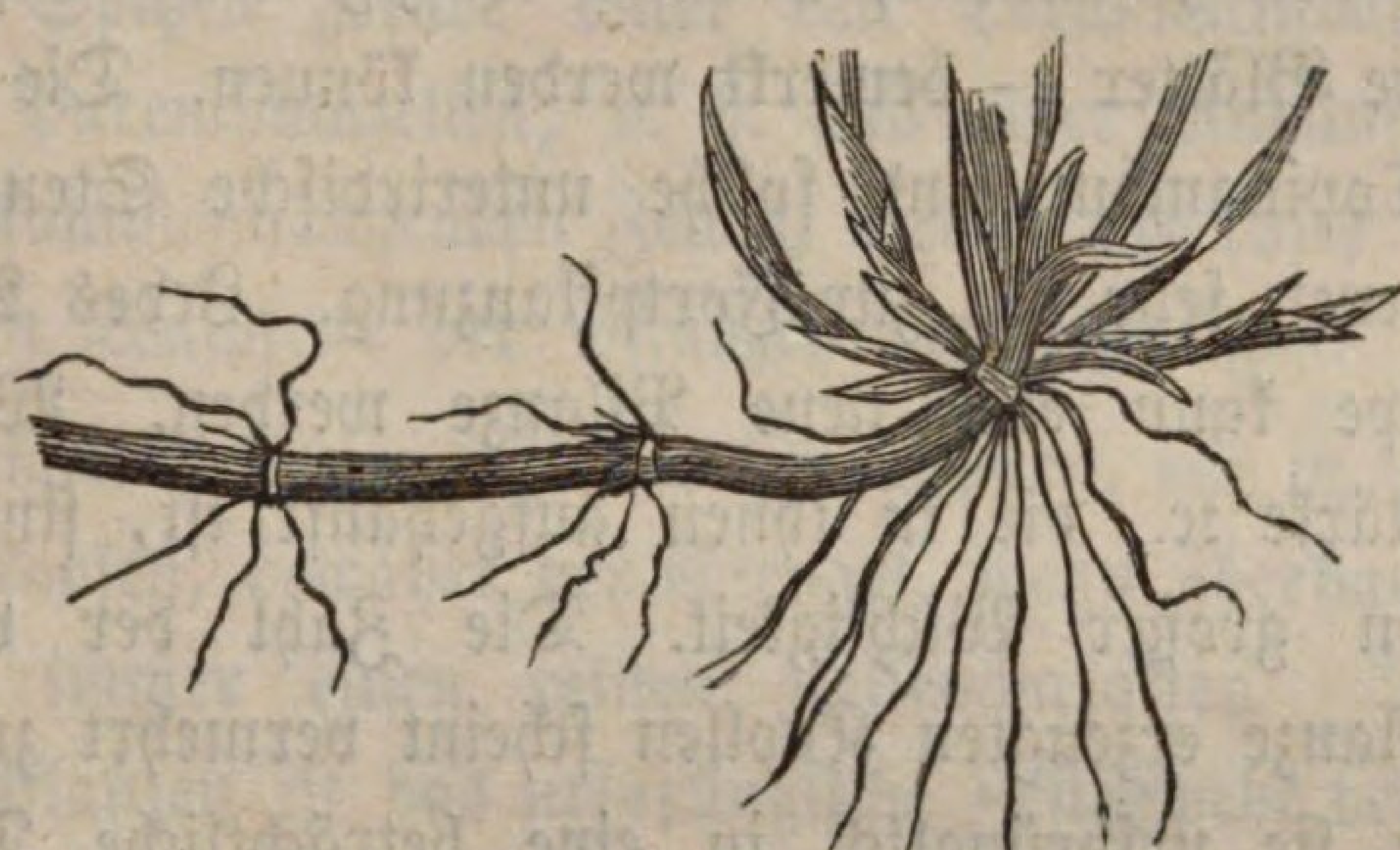
Unterirdische Stengel oder Niederblattstengel. Von diesen giebt es drei Formen, die landwirthschaftliches Interesse haben: Man denkt gewöhnlich, daß sie Wurzeln seien, weil sie unter der Oberfläche der Erde vorkommen. Dieser Umstand ist indessen ganz zufällig. Die Blüthen der

Erdnuß reifen unter der Erde, indem der Blüthenstengel sich verlängert und, sobald die Blüthen abfallen, in die Erde eindringt; Erdnüsse sind aber in keiner Weise mit Wurzeln zu verwechseln.

Wurzelstock (Rhyzom). Wie vorher bemerkt, haben wirkliche Wurzeln keine Knospen, und wir können hinzufügen keine Blätter.

Diese Thatsache unterscheidet sie von der sogenannten kriechenden Wurzel, welche ein Stengel ist, der sich gerade unter der Oberfläche des Bodens ausbreitet und seiner ganzen Länge nach Wurzeln ausgehen läßt. In Zwischenräumen ent-

Fig. 46.



lang den Wurzelstöcken, wie sie angemessen genannt werden, sind Schuppen gebildet, welche rudimentäre Blätter vorstellen. In den Axen dieser Schuppen kann man den Knospen, aus denen die Luftstengel hervorgehen, nachspüren.

Beispiele von Wurzelstöcken sind sehr gemein. Die Minze und die Quecke, die so viele Felder überziehen, und von denen die letztere in Fig. 46 (a. v. S.) dargestellt ist, mögen hier angeführt sein.

Jeder Knoten des Wurzelstocks ist gewöhnlich mit Wurzeln versehen und hat schlafende Knospen, die jeden Augenblick bereit sind ein unabhängiges Wachsthum zu führen, sobald sie von der Mutterpflanze losgelöst werden. Auf diese Weise wird

die Pflanze den Landwirthen so besonders lästig, denn innerhalb gewisser Grenzen, je mehr ein Feld geeggt wird, wo sie Fuß gefaßt hat, desto mehr breitet sie sich aus und vermehrt sich.

Wurzelschößlinge. Die Rose, die Himbeere, die Kirsche rc. sind Beispiele von Pflanzen, welche unterirdische Zweige, analog den Wurzelstöcken, aussenden; diese kommen auf die Oberfläche, werden Luftstämme und werden dann Wurzelschößlinge genannt.

Die Knollen der meisten landwirthschaftlichen Pflanzen sind fleischige Vergrößerungen der Enden unterirdischer Stengel. Ihre Augen sind die Punkte, wo sich die Knospen befinden, gewöhnlich drei zusammen, und wo winzig kleine Schuppen — rudimentäre Blätter — bemerkt werden können. Die Kartoffel und die Topinambur sind solche unterirdische Stengel. Die Knollen dienen sehr gut zur Fortpflanzung. Jedes Auge oder jede Knospe kann eine neue Pflanze werden. Wegen der Menge Stärke rc., die in ihnen aufgehäuft ist, sind sie als Futter von großer Wichtigkeit. Die Zahl der von einer Kartoffelpflanze erzeugten Knollen scheint vermehrt zu werden, wenn man sie ursprünglich in eine beträchtliche Tiefe legt oder sie aufhäufelt, d. h. Erde um die Basis der Luftstengel während der anfänglichen Stadien ihres Wachsthums bringt.

Zwiebeln sind die stark verdickten unteren Theile der Stengel, in welchen die Internodien unentwickelt sind, während die Blätter — gewöhnlich Schalen oder concentrische Häute — in naher Berührung mit einander sind.

Die Zwiebel ist in der That eine bleibende fleischige Knospe, gewöhnlich zum Theil oder ganz unterirdisch. Von ihrer Spitze treiben der eigentliche Stengel und die Blätter aus, während von ihrer Basis die Wurzeln ausgesendet werden.

Der gleiche Bau einer Zwiebel mit einer Knospe zeigt sich in der Thatsache, daß die gemeine Zwiebel, welche das gewöhnlichste Beispiel bietet, oft statt der Blüthen kleine

Zwiebelchen an der Spitze des Stengels trägt. In gleicher Weise verdicken sich die Axillarknospen der Tigerlilie, werden fleischig und fallen als Zwiebelchen auf den Boden, wo sie neue Pflanzen erzeugen.

Structur des Stengels. Der Stengel ist in seinem Bau von so zusammengesetzter Natur, daß, um ihn vollständig abzuhandeln, ein Band dafür erforderlich wäre. Für unsere unmittelbaren Zwecke ist es indessen nur nöthig denselben kurz zu berücksichtigen.

Die rudimentären Stengel, welche man im Samen findet, wie die neugebildeten Theile des reiferen Stengels an den wachsenden Spitzen gerade unter den Terminalknospen, bestehen aus Parenchymzellen, d. h. aus einer Anhäufung von gerundet zusammenhängenden Zellen, welche sich rasch während des kräftigen Wachsens der Pflanzen vervielfältigen.

In einigen Pflanzen niederer Ordnungen, wie in Schwämmen und Moosen, bewahrt der Stengel, wenn überhaupt einer vorhanden, immer einen reinen Zellencharakter. In allen blühenden Pflanzen ist das ursprüngliche Zellgewebe des Stammes sowohl wie der Wurzeln in kurzer Zeit von Gefäßzellen durchdrungen, welche aus Gängen und Röhren bestehen, die aus der Zerstörung horizontaler Theilungen der Parenchymzellen hervorgehen, und aus Holzzellen, welche vielmal länger als breit sind und deren Wände durch innere Ablagerungen verdickt sind.

Die Saftgänge und Holzzellen mit einigen anderen Formen von Zellen werden gewöhnlich in nächster Verbindung und in Bündel geordnet gefunden, welche die Faser des Stammes bilden. Sie sind immer der Länge nach in dem Stamm und den Zweigen abgelagert. Bis zu einer gewissen Ausdehnung findet man sie auch in den weichsten Stengeln von Kräutern, während sie bei den Stengeln der meisten Sträucher und

Bäume den größten Theil ausmachen. Vermöge der Steifheit, die sie besitzen, und durch die Art, mit welcher sie das ursprüngliche Parenchym durchweben, geben sie dem Stengel seine Festigkeit und Stärke.

Die blühenden Pflanzen der gemäßigten Zonen können in Folge ihrer wichtigen und auffallenden Verschiedenheiten in dem Bau ihrer Stämme und Samen in zwei Classen getheilt werden:

1) Endogenae*) oder Monokotyledonen, und 2) Exogeneae oder dikotyledone Pflanzen. In Bezug auf ihre Stengel sind diese beiden Classen durch die Anordnung ihrer Gefäße und Holzzellen unterschieden.

Monokotyledone Pflanzen sind solche, welche ihre Stengel oder Stämme durch Bildung neuen Holzes im Innern und nicht durch äußeres Wachsthum in concentrischen Lagen vergrößern.

Die Samen der Monokotyledonen bestehen aus einem einzigen Stück — sie spalten sich nicht in zwei Hälften —, oder in botanischer Sprache, haben nur ein Keimblatt (Kotyledon), daher ihr Name. Mais, Zuckerrohr, Sorghum, Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, die Zwiebel, Spargel, alle Gräser gehören in diese Pflanzenclasse.

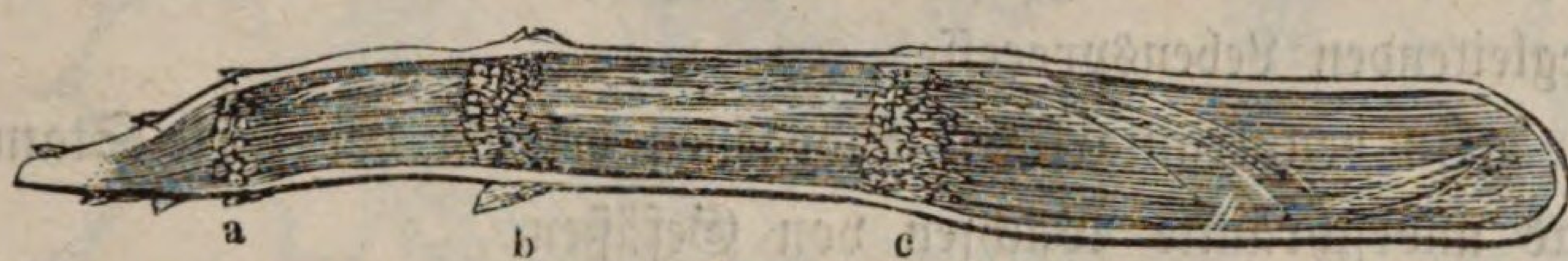
---

*) Die Eintheilung der Pflanzen in Endogeneae und Exogeneae ist veraltet und rührt von Decandolle her, indem derselbe sich auf eine falsche Beobachtung von Desfontaines stützt, die Schleiden als eine Phantasie bezeichnet. Der Unterschied im Bau des Stengels der Monokotyledonen und Dikotyledonen beruht nur darin, daß in der monokotyledonen Axe im Centrum die Gefäßbündel weitläufiger stehen, also bei den überwiegenden Parenchymmassen die Substanz lockerer ist. Die Untersuchungen von Mohl haben die falschen Ansichten Decandolle's vollständig widerlegt. Die Ausdrücke Endogeneae und Exogeneae haben somit für uns keine Bedeutung mehr im Sinne Decandolle's. (Anmerkung des Uebersetzers.)

Wenn ein Stengel des Maises, des Spargels oder eines Bambusrohres von einander geschnitten wird, so sieht man die Gefäßbündel ziemlich gleichförmig durch den ganzen Durchschnitt geordnet, wenn auch weniger reichlich gegen die Mitte zu.

Spaltet man frische Stengel der Länge nach, so kann man die Gefäßbündel wie Stricke herausziehen. An den Knoten, wo der Stengel sich verzweigt oder wo die Blätterstiele angefügt sind, theilen sich die Gefäßbündel gleichfalls und bilden ein Netzwerk. In reifen Maisstengeln, die Einflüssen ausgesetzt sind, welche die Verwesung begünstigen, erleiden die zarteren Zellgewebe zuerst Veränderungen und verschwinden oft ganz, indem sie die festeren Gefäßbündel in unveränderter Form zurück lassen. Ein Theil eines solchen

Fig. 47.



unteren Stengels der Länge nach gespalten ist in Fig. 47 dargestellt; man sieht hier die Gefäßbündel parallel neben einander zwischen den Internodien geordnet und eigenthümlich in den Knoten verwoben, wie bei *a* und *b*, von welchen die Wurzeln ausgehen, oder wie bei *c*, welcher von der Basis eines Blattes umfaßt war.

Der endogene Stamm, wie er in dem Maisstengel sich zeigt, hat keine wohl ausgesprochene Rinde, die ein äußeres Abstreifen erlaubt, und kein abgesondertes Mark von weichem Zellgewebe in der Mitte, das frei von Gefäßbündeln ist Er ist gleich den in der Luft befindlichen Theilen der Pflanzen mit einer Haut oder Epidermis bedeckt, welche gewöhnlich aus einer oder mehreren Lagen abgeplatteter Zellen gebildet wird, deren Wände dick und viel weniger von Flüssigkeiten durchdringbar ist, wie der zarte Bau der inneren Zellgewebe.

Der Stamm ist an der Außenseite dichter und härter als gegen die Mitte zu. Dies rührt daher, daß die Fasern zahlreicher und älter gegen die Außenseite zu sind. Die jüngeren Fasern, die sich beständig bilden, wachsen im Inneren des Stengels, woher die Bezeichnung Endogene rührt, was zu deutsch innenseitig wachsende Pflanzen bedeutet.

In Folge dieses inneren Wachsthums wird der Stamm der meisten holzigen Endogenae, wie die Palmen, nach einiger Zeit äußerlich so verhärtet, daß alle seitliche Ausdehnung aufhört und der Stamm nur noch in die Höhe wächst. Dessenungeachtet wächst er im Innern fort, indem er in den weicheren Theilen neue Fasern treibt. In manchen Fällen stirbt der Baum, weil das Innere desselben so dicht mit Fasern gepackt ist, daß die Bildung neuer unmöglich wird und mit ihr die begleitenden Lebensprocesse.

In den krautartigen Endogenen erlaubt der zarte Stamm das unbeschränkte Wachsen von Gefäßen.

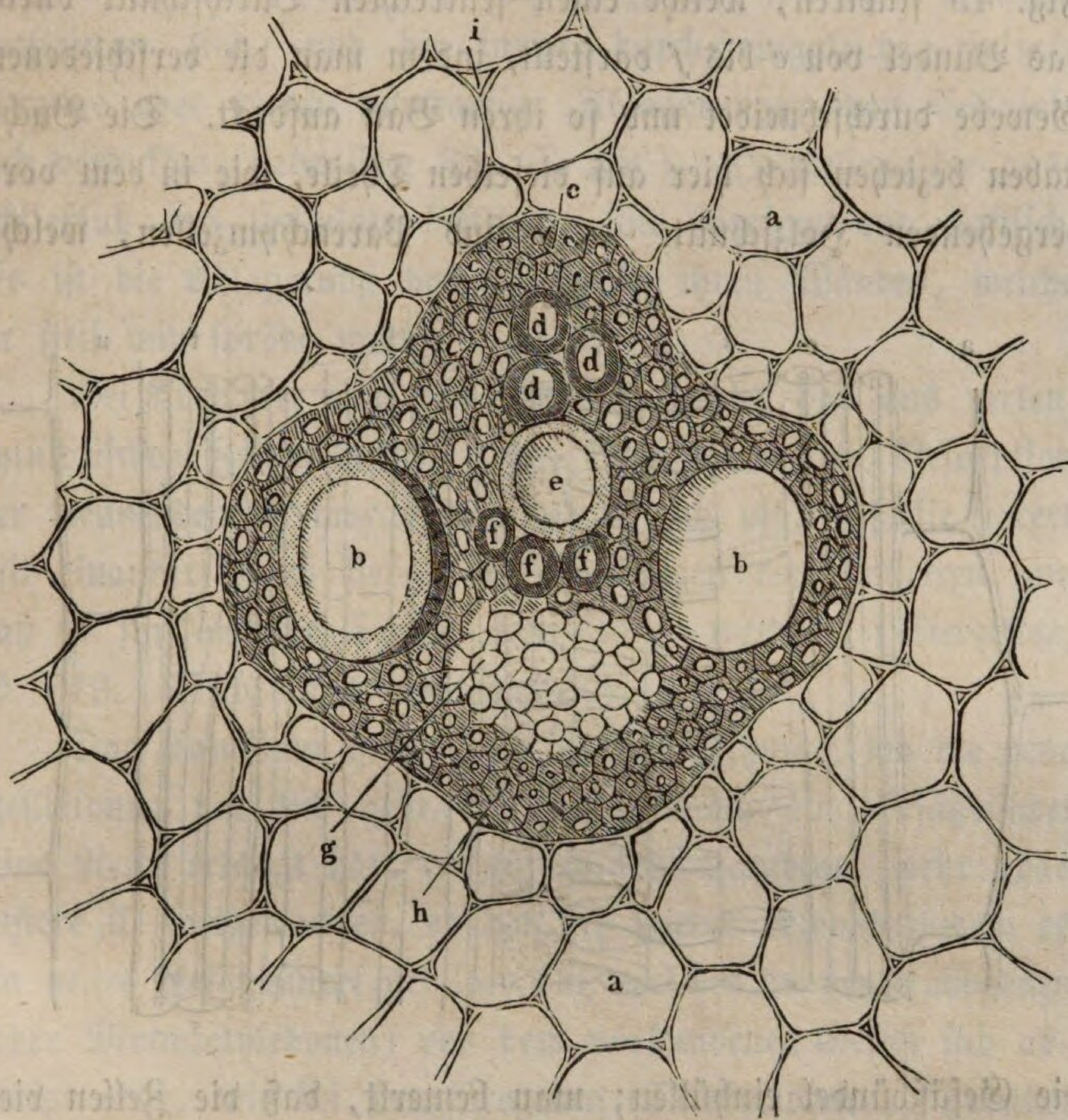
Die Stengel der Gräser sind, mit Ausnahme der Knoten, hohl. Die der Binsen haben ein centrales Mark, das frei von Gefäßzellen ist.

Der Bau des Stengels der Endogenen ist in dem beigefügten Holzstich dargestellt, welcher einen sehr vergrößerten Querschnitt eines Gefäßbündels oder der Fasern des Maisstengels zeigt.

Wie vorher bemerkt, ist die Grundlage des Stammes aus zarten Parenchymzellen zusammengesetzt, in welchen die Gefäßbündel vertheilt sind. Fig. 48 zeigt sowohl den Querschnitt eines solchen Gefäßbündels, *c*, *g*, *h*, wie auch einen Theil des ihn umgebenden Zellgewebes, *a*, *a*. Das letztere besteht aus ziemlich großen Zellen, welche, lose zusammengepackt, zwischen sich beträchtliche Intercellularräume haben, *i*. Das Gefäßbündel selbst ist außen aus engen dickwandigen Zellen zusammengesetzt, von welchen die dem äußeren Stamm, *h*, am nächsten befindlichen

Bastzellen genannt werden, da sie in ihrem Charakter und der Lage nach den Bastzellen oder der inneren Rinde unserer gemeinen Bäume entsprechen; die dem Inneren des Stammes, *c*, am nächsten liegenden sind Holzzellen.

Fig. 48.

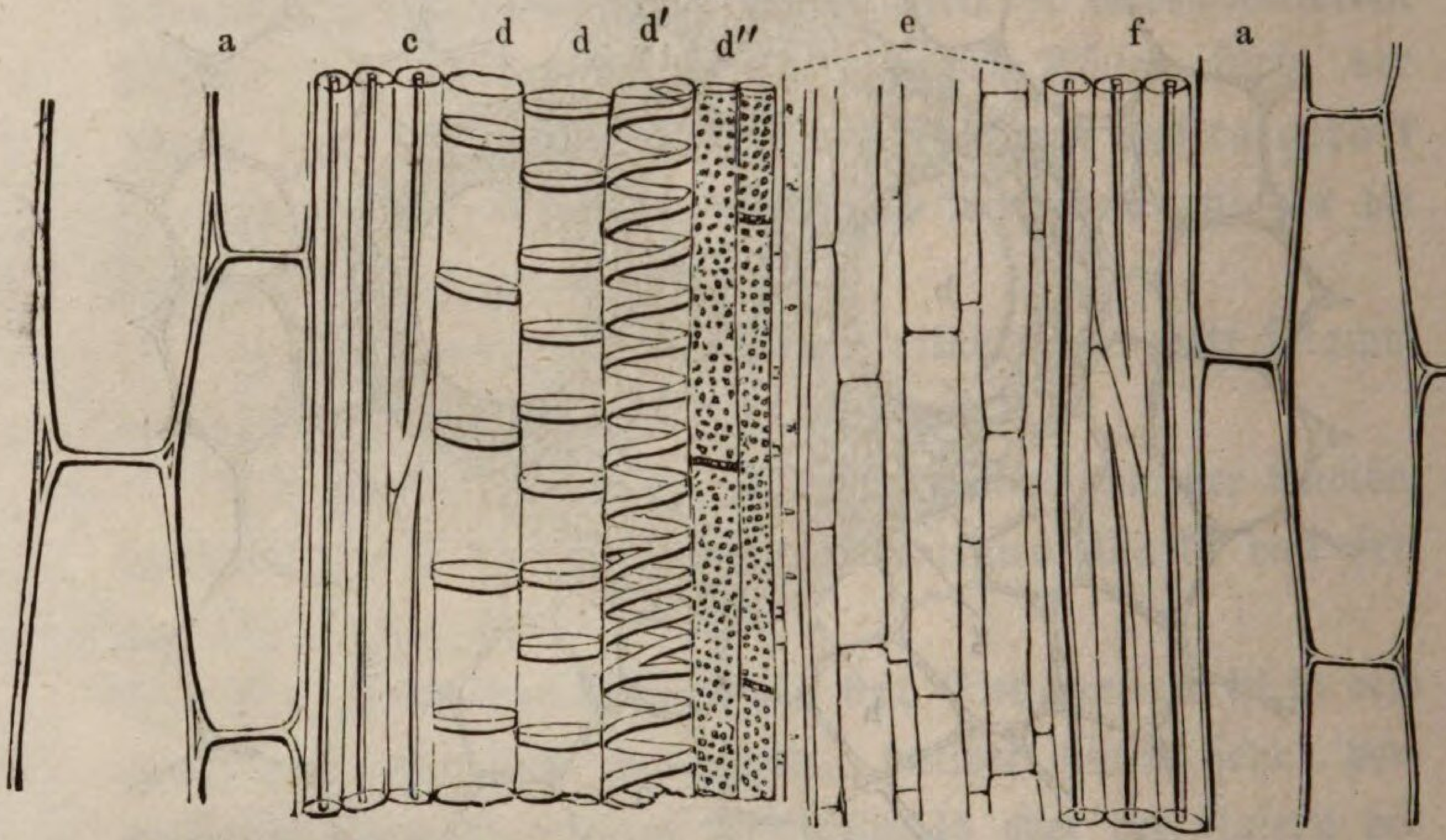


In dem Maisstengel sind Bast- und Holzzellen ganz gleich und nur durch ihre Lage unterschieden. In anderen Pflanzen sind sie oft verschieden in Bezug auf Länge, Dicke und Biegbarkeit, wenn auch meistens ähnlich in der Form. Unter den Holzzellen bemerken wir eine Anzahl Saftgänge, *d*, *e*, *f*, und zwischen diesen und den Bastzellen ist ein zartes durchsichtiges Zellgewebe, *g*, welches das Cambium ist, in dem das Wachs-

thum der Gefäßbündel, bis es vollendet ist, vor sich geht. Auf jeder Seite ist ein besonders großer Saftgang, *b*, *b*, während der Rest des Bündels aus langen und mehr dickwandigen Zellen zusammengesetzt ist.

Unser Verständniß wird beträchtlich unterstützt, wenn wir Fig. 49 studiren, welche einen senkrechten Durchschnitt durch das Bündel von *c* bis *f* darstellt, indem man die verschiedenen Gewebe durchschneidet und so ihren Bau aufdeckt. Die Buchstaben beziehen sich hier auf dieselben Theile, wie in dem vorhergehenden Holzschnitt. *a*, *a* sind Parenchymzellen, welche

Fig. 49.



die Gefäßbündel einhüllen; man bemerkt, daß die Zellen viel länger sind als breit, und daß sie sowohl an den Enden als an den Seiten durch eine undurchlöcherte Membran von einander getrennt sind. Die Holz- und Bastzellen, *e*, *f*, sieht man, sind lange, enge, dickwandige Zellen, die an beiden Enden schräg zulaufen.

Die Holzzellen von Eichen oder Hickory und des dichtesten Holzes sowohl als die Bastzellen von Lein und Hanf sind in Form und Aussehen ganz gleich. Die eigentlichen Gefäße des

Stengels sind die nächstfolgenden in der Ordnung auf unserem Durchschnitt. Von diesen sind hier verschiedene Arten, wie Ringgefäße, *d*, Spiralgefäße, *d'*, getüpfelte Gefäße, *d''*. Es sind fortlaufende Röhren, welche durch die Resorption der Quermembranen, welche sie einst in Zellen, wie *a*, *a*, theilten, entstanden sind, und die innen durch ringgleiche, spiralförmige oder durch punktartige Ablagerungen von Cellulose sich verdickten (siehe Fig. 32, S. 256). Holzzellen, die ausschließlich aus Cellulose bestehen, sind biegsam und elastisch. Es ist die Ablagerung von Lignin in ihren Wänden, welche sie steif und spröde macht.

Bei *e* bemerkt man das Cambiumgewebe, das aus zarten, cylindrischen Zellen besteht. Bei einer theilweisen Resorption der trennenden Membran ereignet es sich oft, daß sie direct mit einander durch siebgleiche Theilungen communiciren und daß sie fortlaufende Canäle oder Gänge werden. (Siebzellen, S. 319. Siebröhren, Gitterzellen.)

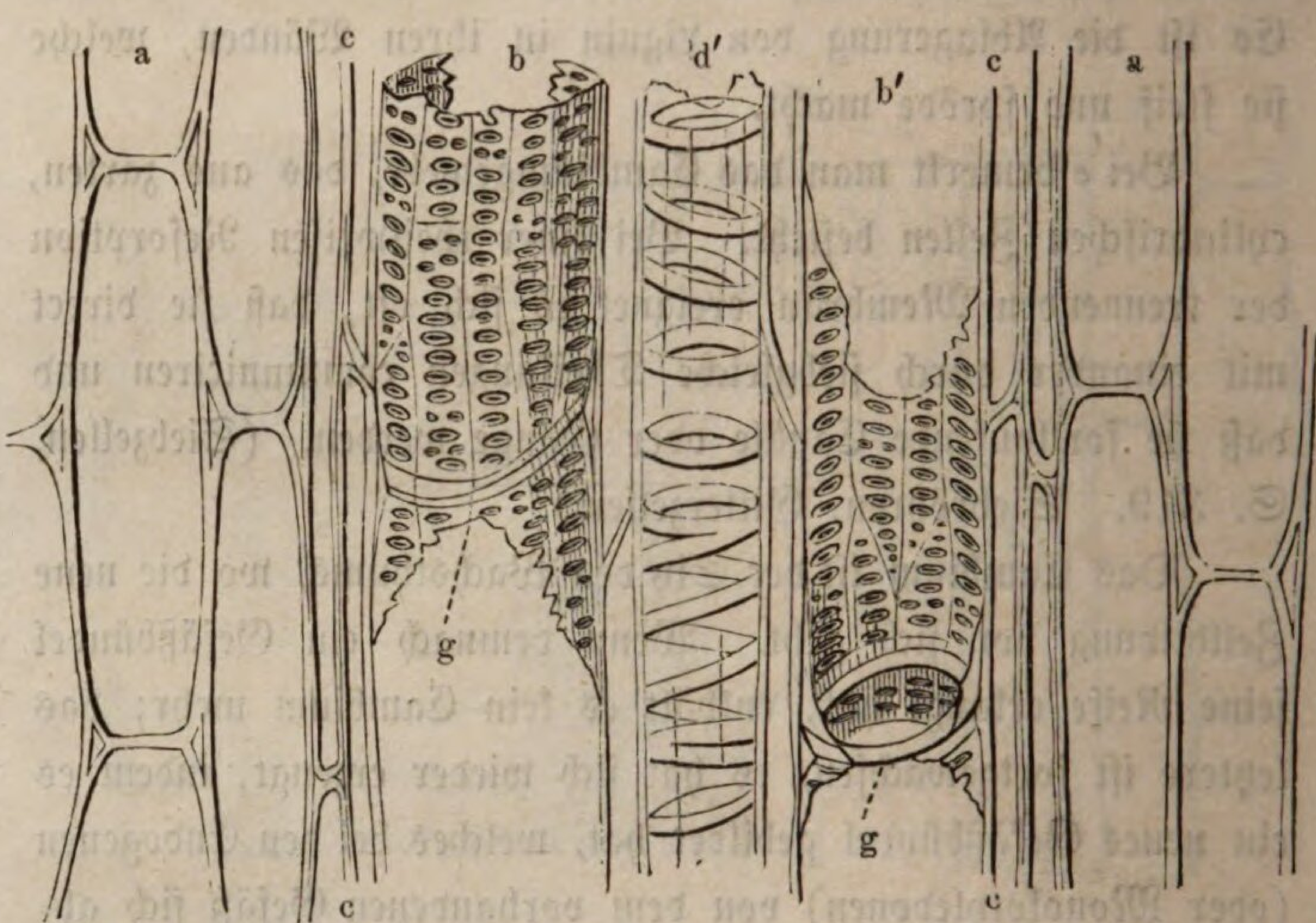
Das Cambium ist der Sitz des Wachsthums, wo die neue Zellbildung vor sich geht. Wenn demnach ein Gefäßbündel seine Reife erlangt hat, enthält es kein Cambium mehr; das letztere ist fortgewachsen, es hat sich wieder erzeugt, indem es ein neues Gefäßbündel gebildet hat, welches bei den Endogenen (oder Monokotyledonen) von dem vorhandenen Gefäß sich abzweigt oder, wie bei den Exogenen (Dikotyledonen), parallel auf der Außenseite des letzteren läuft.

Um die Ansicht des Gefäßbündels zu vervollständigen, ist in Fig. 50 (a. f. S.) ein Längsschnitt dargestellt, der zwei große Gefäße, *b*, *b'* durchschneidet; *a*, *a* ist Parenchym; *c*, *c* sind Bast- und Holzzellen, die weniger verdickte Ablagerungen zeigen wie in Fig. 49; *d* ist ein Ring- und Spiralgefäß; *b*, *b* sind großgetüpfelte Gefäße, welche bei *g*, *g* die Stellen wahrnehmen lassen, wo sie einst von Doppelmembranen, welche die Enden der zwei zusammenhängenden Zellen bildeten, durch-

kreuzt wurden, und durch deren Absorption und Entfernung eine ununterbrochene Röhre gebildet wurde.

In diesen großgetüpfelten Gefäßen scheint keine directe Communication durch ihre Seitenwände mit den umgebenden Zellen zu bestehen. Diese Tüpfelchen oder Vertiefungen sind einfach sehr dünne Punkte in der Zellwand, durch welche seitwärts Saft einfiltriren oder diffundiren, aber nicht fließen kann. Wenn die Zellen alt werden und zu wachsen aufhören,

Fig. 50.



werden diese Vertiefungen oft Poren durch Absorption der Membran, so daß die Gefäße dann in directe Verbindung mit einander treten.

Exogene Pflanzen (Dikotyledonen) sind solche, deren Stämme oder Stengel fortwährend an Durchmesser zunehmen durch die Bildung neuer Zellgewebe auf der Außenseite des Stammes. Sie sind Außenseitwachser. Ihre Samen werden gewöhnlich aus zwei lose verbundenen Theilen oder Keimblättern (Kotyledone) gebildet, weshalb sie Dikotyledonen genannt werden. Alle Waldbäume der gemäßigten Zonen

und unter den landwirthschaftlichen Pflanzen die Bohne, Erbse, Wicke, Klee, Kartoffel, Zuckerrübe, Turnips, Lein 2c. sind Exogene.

In dem exogenen Stamm werden die Gefäßbündel, die im Zellgewebe auftreten, stets gerade innerhalb der Epidermis gebildet. Sie treten zuerst getrennt auf, wie in den Endogenen, aber anstatt durch das ganze Zellgewebe sich zu verbreiten, werden sie in einem Ringe vertheilt.

Beim weiteren Wachsen schließen sie sich zu einem Ring oder Gürtel, welcher unverändertes Parenchym — das Mark — eingeschlossen hält und der bei Bäumen und Sträuchern außen mit einer Rinde bedeckt ist. Wenn sich der Stamm vergrößert, können neue Ringe von Gefäßen gebildet werden, aber immer nur außen um die älteren herum. Bei harten Stämmen mit langsamem Wachsthum sind die Ringe dicht bei einander und bestehen hauptsächlich aus Holzzellen. In den weicheren Stengeln von Kräutern überwiegt das Parenchym, und die Gefäße und Zellen der Gefäßzonen sind zart.

Das Verhärten der Kräuterstengel, welches stattfindet, wenn sie reif werden, kommt von der Vermehrung und Verhärtung der Holzzellen und Gefäße.

Die ringförmige Ablagerung der Fasern bei exogenen Stämmen kann man leicht bei einer Menge gemeiner Pflanzen sehen.

Die Kartoffelknolle ist eine Form von Stengel, die immer für die Beobachtung zugänglich ist. Wenn eine Kartoffel nahe über dem Stammende mit einem scharfen Messer abgeschnitten wird, so ist es gewöhnlich leicht, auf dem Querschnitt einen Ring von Gefäßen zu unterscheiden. Der gewöhnliche Lauf derselben ist parallel dem Umkreise der Kartoffel, ausgenommen, wo sie an der Außenseite in die Augen oder Knospen auslaufen, und in dem engen Stiel, an dessen Ende sie wächst. Wenn eine Kartoffelscheibe wenige Minuten in eine Jodlösung

eingetaucht wird, werden die Gefäßringe sehr deutlich sichtbar, In ihren thätigen Cambiumzellen sind reichlich Albuminate. welche mit Jod eine gelbe Färbung annehmen; die Stärke des Zellgewebes wird andererseits intensiv blau, wodurch die Gefäße noch deutlicher hervortreten.

Da der Bau der Wurzel ganz dem Stamm gleich ist, so kann ein Querschnitt einer gewöhnlichen Runkelrübe eben sowohl als der Zweig irgend eines Baumes der gemäßigten Zone dazu dienen, die concentrische Anordnung der Gefäßringe, wenn sie zahlreich sind, anschaulich zu machen.

Das Mark ist das Zellgewebe des Inneren des Stammes. In jungen Stengeln ist es mit Saft beladen, bei älteren stirbt es oft ab und wird saftlos. In vielen Fällen, besonders wenn das Wachsthum kräftig ist, bricht es oder wird oft zerstört und hinterläßt einen hohlen Stengel, wie in einer üppigen Erbsenranke oder einem Kleestengel oder wie in dem hohlen Stengel der Kartoffel.

In der Kartoffelknolle sind die Markzellen durchaus mit Stärke gefüllt, wenngleich die Menge der Stärke, wie die Färbung mit Jod verräth, sich von der Gefäßzone aus gegen die Mitte hin verringert.

Die Rinde, welche anfänglich bloß aus Epidermis (Oberhaut) oder kurzen dickwandigen Zellen besteht und über dem zarten Parenchymgewebe lagert, wird später von ungewöhnlich langen und zähen Zellen durchdrungen, welche von ihrer Stellung in der Pflanze oft Bastzellen genannt werden. Diese zusammen mit den Gefäßen verschiedener Art, die alle an ihren Seiten fest verbunden sind, bilden die sogenannte Bastfaser (Bast), welche hauptsächlich auf der inneren Seite der Rinde und in nächster Nähe des Holzes wächst. Mit ihrer reichlichen Entwicklung und im Alter wird die Rinde borkig, wie sie an den Sträuchern und Bäumen vorkommt.

Bastzellen geben der Rinde ihre eigenthümliche Zähigkeit

und verursachen, daß sie sich in langen, biegsamen Streifen vom Stamme abziehen läßt.

Bastmatten werden durch Zusammenweben von Streifen der inneren Rinde von Lindenbäumen gemacht, und alles Gespinnstmaterial, was zur Herstellung von Zeugen und Seilen angewendet wird, mit Ausnahme der Baumwolle, wie Flachs, Hanf, Neuseelandflachs 2c., sind Bastfasern. Die Rinde des Lederholzes (Dirca palustris), die oft zum Binden der Mehlsäcke in Amerika verwendet wird, hat Bastfasern von außergewöhnlicher Zähigkeit.

Die äußere Rinde wie das innere Mark perennirender Pflanzen wird nach und nach saftlos und todt und fällt nach längerer oder kürzerer Zeit ab. Die äußere Rinde des Weinstocks löst sich ein oder zwei Jahre nach ihrer Bildung in langen Streifen ab. Bei den meisten Waldbäumen bleibt die Rinde mehrere oder viele Jahre. Die Ausdehnung des Baumes furcht die Rinde der Länge nach mit zahlreichen und tiefen Rissen, und dieselbe verwest allmälig oder fällt bei dem Nachwachsen neuer Rinde unterhalb der ersteren äußerlich ab.

Kork ist eine Form, welche die Oberhautzellen an dem Stamm der Korkeiche, auf der Kartoffel und vielen anderen Pflanzen annehmen.

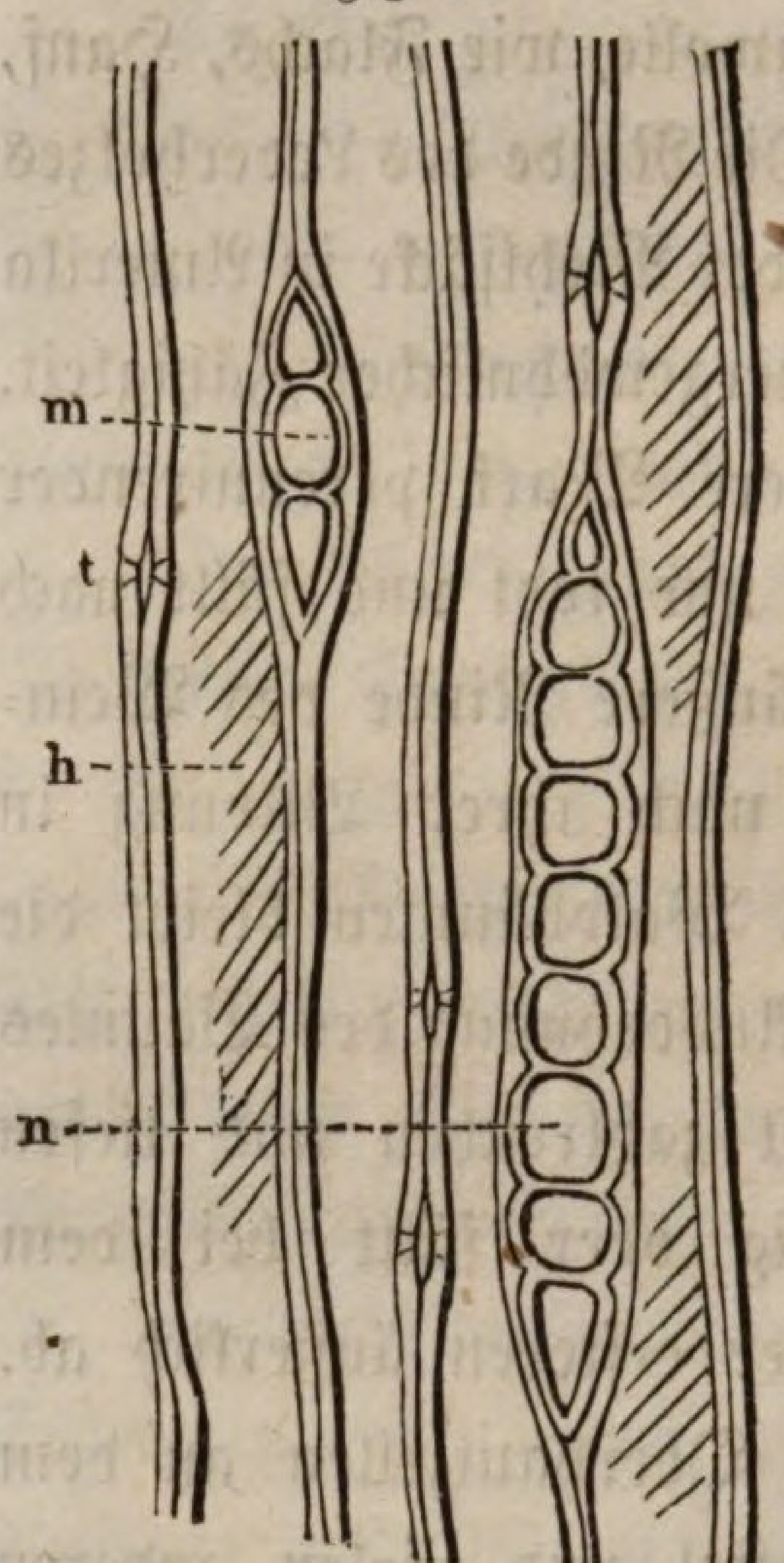
Markstrahlen. Die Theile des zuerst gebildeten Zellgewebes, welche zwischen den jungen und ursprünglich unverbundenen Holzfasern lagen, bleiben zurück und verbinden das Mark mit der Rinde. In harten Stämmen werden sie durch den Druck der Holzfasern (Gefäße) abgeplattet, und man sieht es in den meisten Holzarten, wenn diese der Länge nach gespalten werden. Sie sind besonders deutlich in der Eiche und in dem Ahornholz. Der Botaniker nennt sie Markstrahlen. Fig. 51 (a. f. S.) stellt den Durchschnitt eines Stückes der Weißtanne (Pinus picea) in 200facher Vergrößerung dar.

Der Durchschnitt ist tangential zu dem Stamm und der Länge der Holzzellen nach gemacht; vier derselben sind theil-

weise dargestellt, *h*; er durchschneidet die Markstrahlen, deren Zellenbau und Lage in dem Holze man bei *m* und *n* sieht.

Das Cambium der Exogenen. Den wachsenden Theil des Exogenenstammes findet man nur zwischen dem Holz und der Rinde oder zwischen dem völlig ausgebildeten Holz und der reifen Rinde. Thatsächlich ist keine bestimmte Grenze, wo das Holz aufhört und die Rinde anfängt, denn sie sind durch das Bildungsgewebe oder Cambium verbunden, von welchem auf der einen Seite die Holzfaser und auf der anderen die Bastfaser oder das Gewebe der Rinde sich rasch entwickelt. Auch in dem Cambium setzen die Markstrahlen, welche die inneren und äußeren Theile des Stammes verbinden, ihr Wachsthum nach außen fort.

Fig. 51.

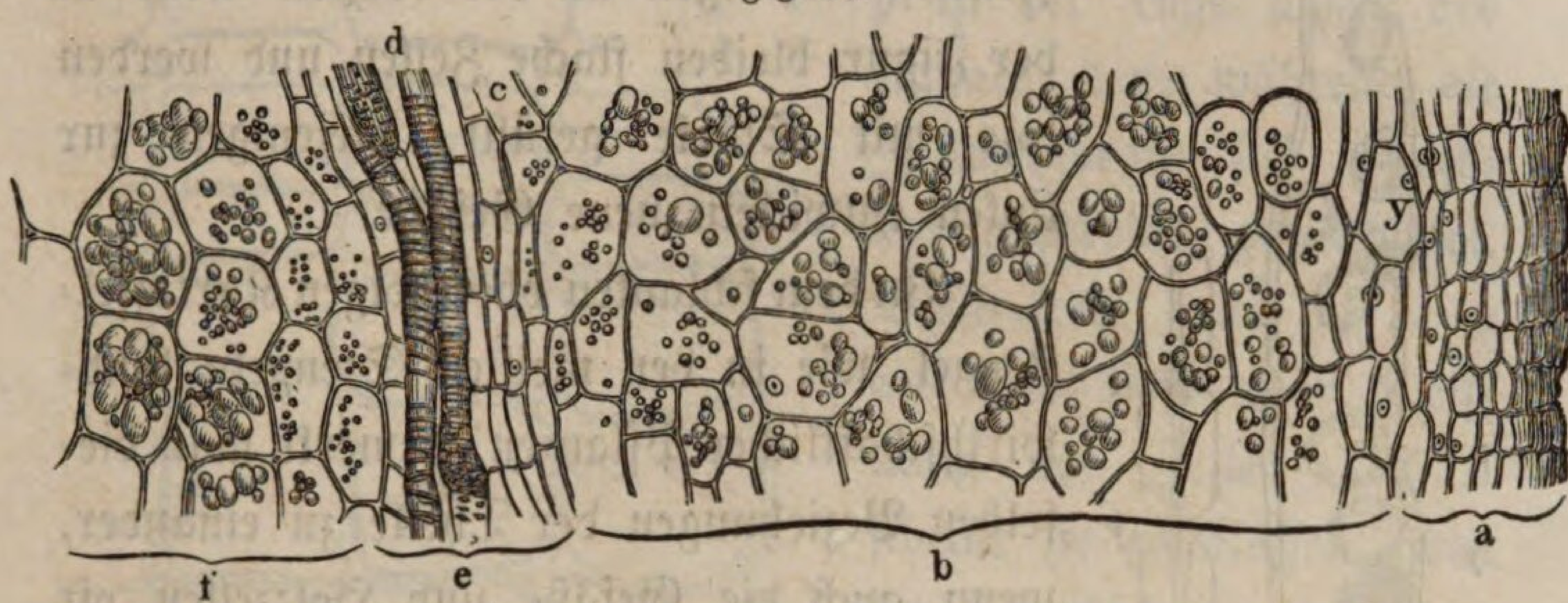


In der Frühjahrszeit sind die neuen Zellen, welche sich in der Region des Cambiums bilden, sehr zart und leicht zerreißbar. Aus diesem Grunde kann die Rinde oder Borke ohne Schwierigkeit von dem Holze gestreift werden. Im Herbste verdicken sich diese Zellen, verhärten und werden thatsächlich ausgewachsene Bast- und Holzzellen, so daß es dann unmöglich wird die Rinde leicht abzuschälen.

Der Bau des exogenen Stengels. Fig. 52 (a. f. S.) soll dazu dienen, einen Begriff von der Structur der Elemente des exogenen Stammes in seinen Einzelheiten zu geben. Sie stellt einen stark vergrößerten Längsdurchschnitt einer jungen Kartoffelknolle dar. *a*, *b* ist die Rinde, *e* der Gefäßring, *f* das Mark. Die äußeren Zellen der Rinde sind in Kork ver-

wandelt. Sie sind saftlos geworden und beinahe undurchdringlich für Luft und Feuchtigkeit. Diese korkige Schicht *a**) bildet den dünnen Ueberzug oder die Haut, die so leicht von den gekochten Kartoffeln abgezogen werden kann. Wenn immer, auch in Winterszeit, eine Kartoffel oberflächlich verletzt ist, so heilt sie durch Bildung von Korkzellen zu. Das Zellgewebe der Rinde besteht in seinem inneren Theil *b* aus völlig

Fig. 52.



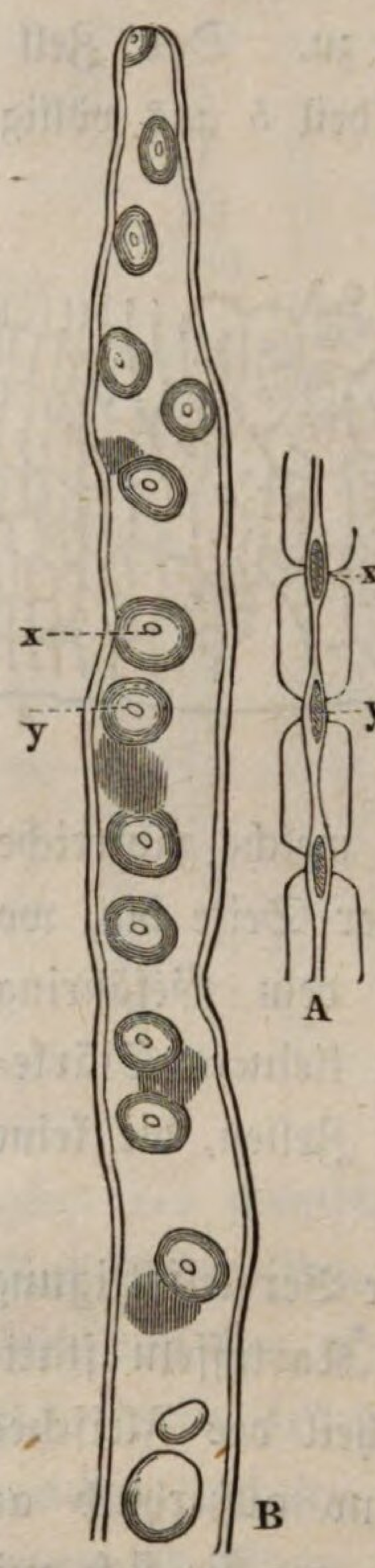
ausgebildeten Zellen mit zarten Membranen, welche zahlreiche und große Stärkekörner enthalten. Nach jeder Seite hin, wo die Rinde sich der korkigen Schicht oder dem Gefäßring nähert, sind die Zellen kleiner und enthalten kleinere Stärkekörner; an beiden Seiten dieser bemerkt man Zellen, die keine Stärke enthalten, aber Kerne haben, *c*, *y*.

Diese mit Kern versehenen Zellen sind der Vervielfältigung fähig und liegen da, wo das Wachsen der Kartoffeln stattfindet. Die Rinde, welche einen großen Theil des Fleisches der Kartoffel ausmacht, wächst innerhalb und außerhalb an Umfang durch Bildung neuer Zellen. Außen, wo sie sich mit der korkigen Haut vereinigt, wächst auch die letztere. Wo sie nach innen an den Gefäßring anstößt, werden neue Gefäße gebildet. In ähnlicher Weise dehnt sich das Mark, wo es

*) Der Abschnitt *a* ist auf dem Holzschnitte viel zu breit und *b* entsprechend zu kurz.

mit dem Gefäßgewebe in Berührung kommt, durch Bildung neuer Zellen aus. Das letztere besteht auf unserem Holzstich aus Ring-, Spiralgefäßen und getüpfelten Gefäßen, gleich den beschriebenen, wie sie im Maisstengel vorkommen. Die zarten Cambiumzellen, *e*, sind der Ort des thätigsten Wachsthums. An dieser Stelle entwickeln sich rasch neue Zellen; diejenigen an der rechten Seite in der Figur bleiben flache Zellen und werden lose mit Stärke gefüllt, diejenigen zur linken entwickeln neue Gefäße.

Fig. 53.



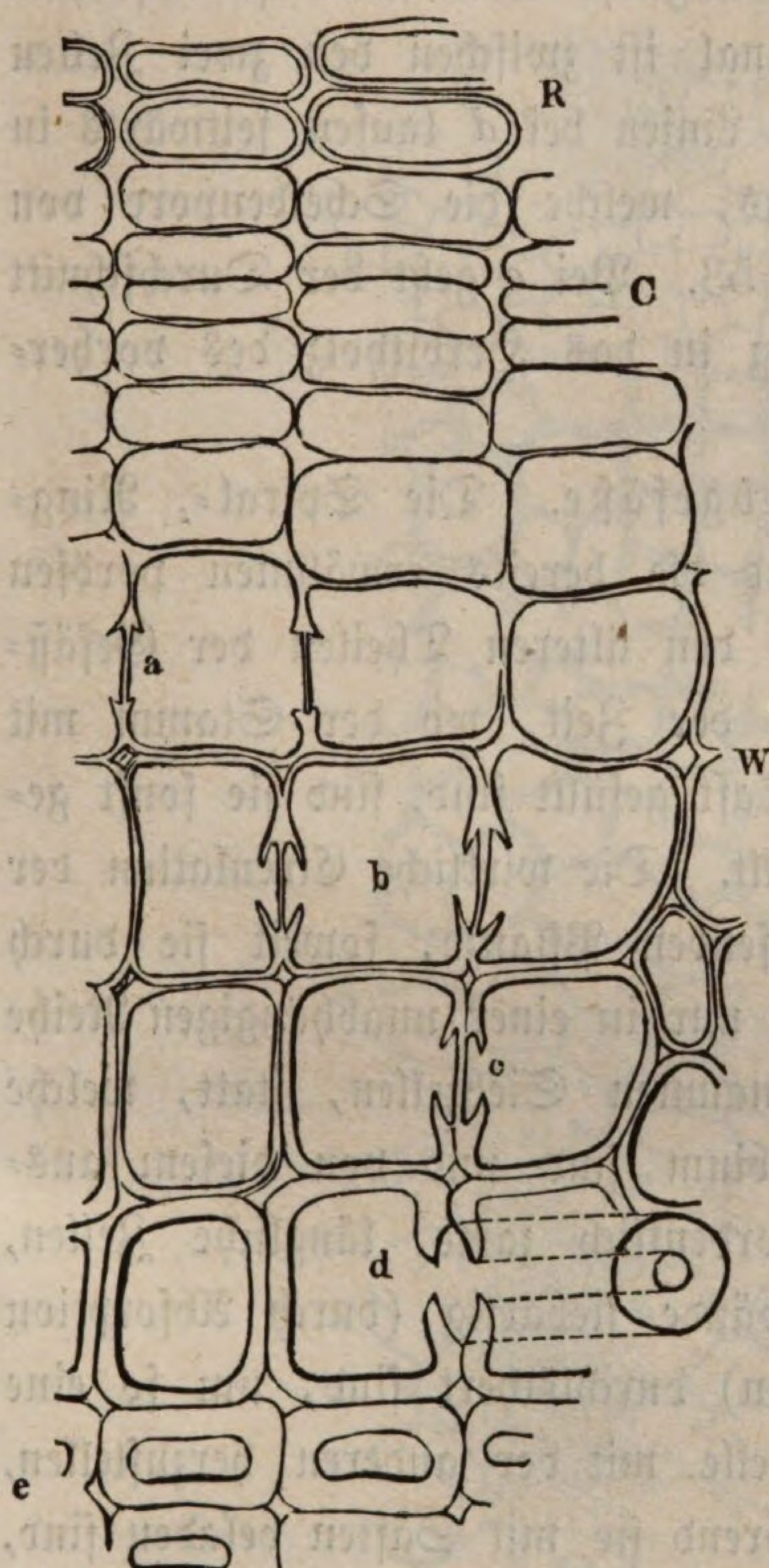
In dem schlanken obererdigen Kartoffelstengel, wie in den meisten Stengeln landwirthschaftlicher Pflanzen, bemerkt man dieselben Beziehungen der Theile zu einander, wenn auch die Gefäß- und Holzzellen oft vorwiegen.

Holzzellen sind besonders reichlich in den Stengeln vorhanden, die zur Erfüllung ihrer Aufgaben Festigkeit bedürfen, und in diesen, wie besonders in unseren Bäumen, ist der Bau gewöhnlich mehr complicirt.

Durchlöcherung der Holzzellen in den Coniferen. In dem Holz von zapfentragenden Bäumen sind keine eigentlichen Saftgänge, wie wir sie beschrieben haben. Um dem Zweck der Luft- und Saftgänge zu entsprechen, sind die Holzzellen, welche die concentrischen Ringe des alten Holzes bilden, in einer besonderen Art construirt, indem sie seitlich mit sichtbaren Poren versehen sind, durch welche der Zellinhalt der einen Zelle direct in die ihrer Nachbarin treten kann. Fig 53 *B* stellt einen Theil einer isolirten Holzzelle einer Föhre (Pinus silvestris) bei

200maliger Vergrößerung dar. Man sieht in derselben beinahe runde Scheiben, *x*, *y*, deren Structur, so lange die Zelle jung ist, bei einem Längendurchschnitt deutlicher zu sehen ist. *A* stellt einen solchen Durchschnitt durch die verdickten Wände von zwei fortlaufenden und zusammenhängenden Zellen dar.

Fig. 54.



x in beiden, *A* und *B*, zeigt eine Höhlung zwischen den zwei primären Zellwänden, *y* ist der enge Theil des Canals, der, während die Zellmembran sich ringsherum verdickt, zurückbleibt. Diese sieht man in *B*, *y* als eine Pore oder Oeffnung der Zelle. In *A* scheint sie geschlossen, weil der Durchschnitt ein wenig auf der Seite der Pore vorbeigeht.

Fig. 54 stellt den Querschnitt des Frühjahrsholzes desselben Baumes bei 300maliger Vergrößerung vor; der Bau und die allmälige Bildung dieser Porenscheiben ist hier deutlich gemacht. Dieser Querschnitt giebt auch eine belehrende Darstellung des allgemeinen Charakters der einfachsten Art des Holzes. *R* sind die jungen Zellen der Rinde, *C* ist das Cambium, wo die Zellenvermehrung stattfindet, *W* ist das Holz, dessen Zellen desto mehr entwickelt werden, je älter sie werden, d. h. je entfernter sie vom Cambium sind, was man aus ihrer Gestalt

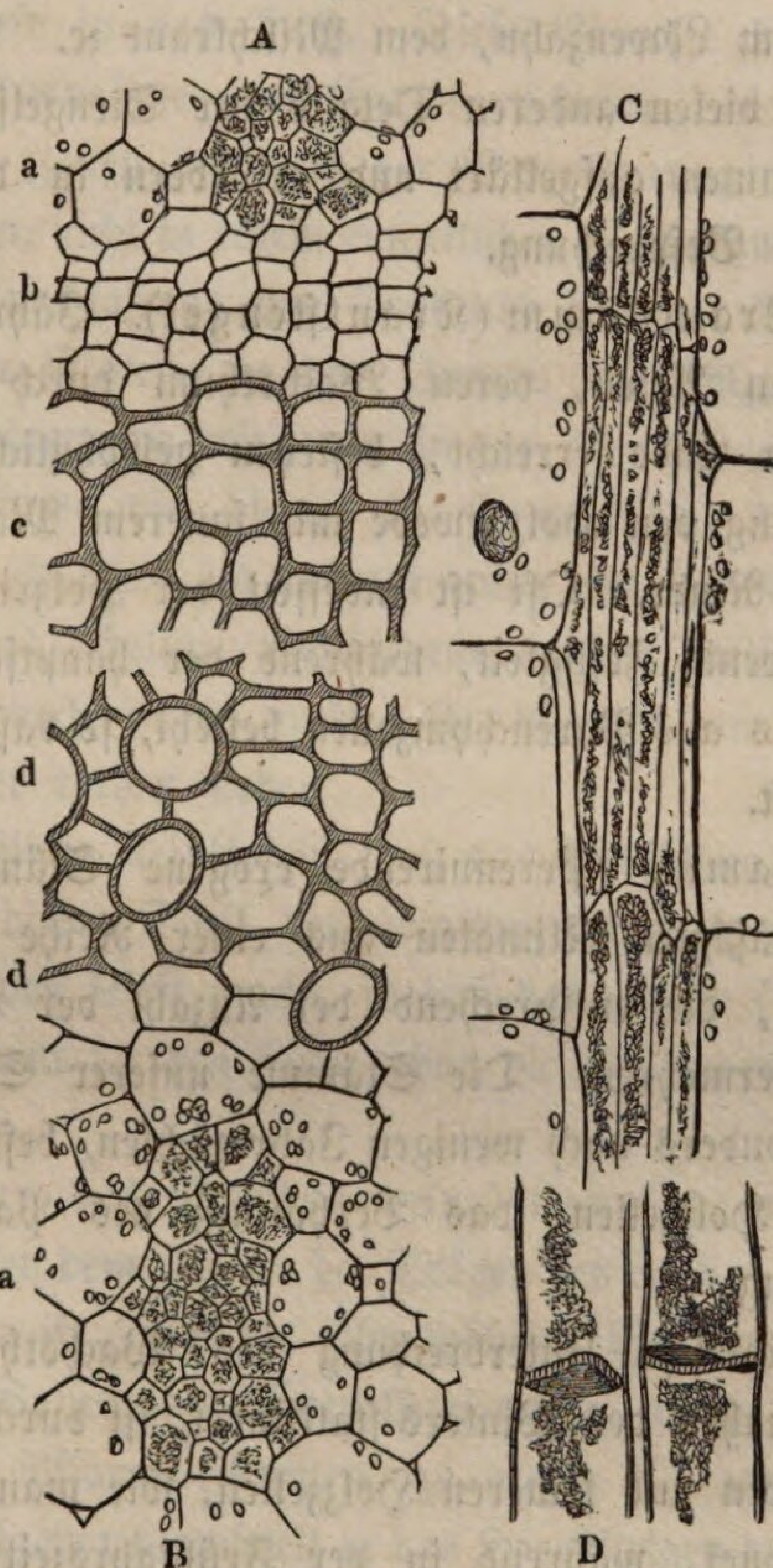
und der Dicke der Wände wahrnimmt. Bei *a* sieht man die Scheibein ihrem frühesten Zustand; *b* und *c* stellen sie in einem mehr vorgerückten Wachsthum dar, bevor sie eine Pore wird, die ursprüngliche Zellwand befindet sich noch an ihrem Platz.

Bei *d*, in den fertigen Holzzellen hat die Scheibe eine Pore bekommen. Die ursprüngliche Membran ist absorbirt worden, und ein freier Canal ist zwischen den zwei Zellen entstanden. Die getüpfelten Linien bei *d* laufen seitwärts in zwei concentrische Ringe aus, welche die Scheibenpore von oben darstellen, wie in Fig. 53. Bei *e* geht der Durchschnitt durch den neuen Jahresring in das Herbstholz des vorhergehenden Jahres über.

Siebzellen oder Siebgefäße. Die Spiral-, Ring- und getüpfelten Gefäße und die bereits erwähnten porösen Holzzellen erscheinen nur in den älteren Theilen der Gefäßbündel, und obgleich sie in der Zeit, wo der Stamm mit Wasser überladen ist, mit Saft gefüllt sind, sind sie sonst gewöhnlich nur mit Luft gefüllt. Die wirkliche Circulation der nährenden Säfte der wachsenden Pflanze, soweit sie durch wirkliche Röhren geht, findet nur in einer unabhängigen Reihe von Saftgängen, den sogenannten Siebzellen, statt, welche gewöhnlich nahe dem Cambium sind und von diesem ausgehen. Dieses sind außerordentlich zarte, längliche Zellen, deren Quer- oder Seitenwände siebartig (durch Absorption der ursprünglichen Membran) durchlöchert sind, um so eine directe Verbindung einer Zelle mit der anderen herzustellen, und dieses findet statt, während sie mit Säften beladen sind, zu einer Zeit, wo die anderen Gefäße allein mit Luft gefüllt sind. Diese Siebzellen hält man für die Canäle, durch welche die in dem Laube organisirten Materien am reichlichsten bei ihrem Abwärtssteigen gehen, um Stamm und Wurzel zu ernähren. Fig. 55 stellt die Siebzellen in dem oberirdischen Stengel einer Kartoffel dar. *A*, *B* ist der Querschnitt eines

Theils eines Gefäßbündels — *A* der äußere Theil gegen die Rinde zu, *B* der innere Theil nächst dem Mark — *a*, *a* ist Zellgewebe (Parenchym), welches kleinere Siebzellen einschließt. *A*, *B* sind Zellen, welche einen trüben Saft mit mikroskopi-

Fig. 55.



schen Kügelchen enthalten; *b* Cambiumzellen; *c* Holzzellen (welche in dem Kartoffelknollen fehlen); *d* Gefäße (Gänge), die mit den Holzzellen untermischt liegen; *C* stellt einen Längendurchschnitt durch die Siebzellen dar, und *D* zeigt die fein-

durchlöcherten Quertheilungen, durch welche der flüssige Inhalt frei geht, stärker vergrößert.

Milchgänge. Neben den bereits beschriebenen Gefäßen ist in vielen Pflanzen ein System von unregelmäßig verzweigten Canälen, die milchigen Saft enthalten, wie in den Bataten, dem Löwenzahn, dem Milchkraut ꝛc. Diese Milchgefäße, mit vielen anderen Details der Stengelstructur, sind nicht vollkommen aufgeklärt und erfordern in diesem Buche keine weitere Besprechung.

Der Krautstamm (Krautstengel). Jährliche Stengel von exogenen Arten, deren Wachsthum durch den Winter gänzlich sein Ende erreicht, bestehen gewöhnlich aus einem einzelnen Ring von Holzgewebe mit innerem Mark und einer umgebenden Rinde. Oft ist indessen der Holzring dünn und besitzt nur wenig Festigkeit, während der hauptsächliche Theil des Stammes aus Parenchymzellen besteht, so daß der Stamm krautartig ist.

Holzstamm. Perennirende exogene Stämme bestehen in den gemäßigten Klimaten aus einer Reihe von Ringen oder Zonen, die entsprechend der Anzahl der Wachsthumsjahre sich vermehren. Die Stämme unserer Sträucher und Bäume, besonders nach wenigen Jahrwüchsen, bestehen meistentheils aus Holzzellen, das Verhältniß des Parenchyms ist äußerst gering.

Die jährliche Unterbrechung des Wachsthums, welche beim Herannahen des Winters stattfindet, ist durch die Bildung von schmäleren und feineren Holzzellen, wie man bei Fig. 54 sieht, bezeichnet, während in der Frühjahrszeit die kräftige Erneuerung der Thätigkeit in dem Cambium durch das Wachsthum größerer Zellen und an vielen Holzarten durch die Production von Gefäßen sich bemerkbar macht, welche, wie bei der Eiche, dem Auge in dem Inneren der jährlichen Schichten sich deutlich darstellen.

Splint (Saftholz) und Kernholz. Während die Lebensprocesse in den perennirenden Stämmen mit der größten Kraft in dem Cambium vor sich gehen, sind sie doch nicht auf diesen Ort allein beschränkt, sondern gehen bis zu einer beträchtlichen Tiefe in das Holz. Diese Processe bestehen indessen, mit Ausnahme der Cambiumschichte, nicht in der Bildung neuer Zellen, noch in der Vergrößerung der bereits früher gebildeten, nicht in einem eigentlichen Wachsthum, sondern nur in einer Durchlassung von Saft und in einer Ablagerung von organisirter Materie in dem Innern der Holzzellen. In Folge dieser Ablagerung wird das innere oder Kernholz vieler unserer Waldbäume viel dichter im Gewebe und dauerhafter für industrielle Zwecke. Es erlangt dann eine von dem Saftholz (alburnum), Splint, verschiedene, in den meisten Fällen braune Farbe, doch ist es auch gelb, wie in der Berberize, und roth, in der rothen Ceder.

Das schließliche Resultat ist, daß das Ausfüllen der Zellen des Kernholzes diesen Theil des Stammes beinahe oder ganz unpassirbar für den Saft macht, so daß das innere Holz durch Verwesung entfernt werden kann, ohne die Kraft des Baumes zu stören.

Durchgang des Saftes durch den Stamm. Der Stamm hat, neben dem, daß er der Träger des Laubes, der Blüthen und Früchte ist, auch die sehr wichtige Bestimmung, das Aufsteigen von Wasser und Mineralsubstanzen, welche durch die Wurzeln in die Pflanze eintreten, zu diesen Organen zu ermöglichen. Gleichzeitig vermittelt er das Herabsteigen der Stoffe, die durch die Blätter aus der Atmosphäre gesammelt wurden, zu den Wurzeln. Zu diesen und anderen Gegenständen, die mit dem Aufsteigen und Absteigen des Saftes in Verbindung stehen, werden wir später zurückkehren.

Der Stamm bildet den hauptsächlichsten Gewichtstheil vieler Pflanzen, besonders von Waldbäumen, und dient in der

Landwirthschaft sowohl wie in tausend anderen Gewerben zu vielen höchst wichtigen Zwecken.

§ 3.

Blätter.

Diese wichtigsten Organe, die von dem Stamme ausgehen, sind zuerst in der Knospe eigenthümlich zusammengelegt und entfalten sich erst später so, daß sie dem Licht und der Luft eine große Oberfläche darbieten.

Das Blatt besteht aus einer dünnen Membran von Parenchymzellen, die über einem Skelett oder Netzwerk von Fasern und Gefäßen ausgebreitet sind. Es ist direct mit dem Cambium verbunden und geht offenbar von der Cambiumschicht des Stammes aus, von der es demnach als ein Auswuchs betrachtet werden kann.

Gewisse Pflanzen, wie die Cactus, haben kaum irgend Blätter, oder wenn sie überhaupt vorkommen, unterscheiden sie sich durch nichts als durch die äußere Form von dem Stamm. Viele von diesen Pflanzen sind in ihrer Form über der Erde nur Stämme, während sie in ihrem Bau und ihren Functionen nur Blätter sind.

Obgleich sich bei den Gräsern der Stamm und die Blätter in der Gestalt unterscheiden lassen, so sind sie doch wenig in ihrem äußeren Charakter verschieden.

Bei den Waldbäumen finden die auffallendsten und schlagendsten Verschiedenheiten zwischen Stamm und Blättern statt.

Grüne Farbe der Blätter. Eine sehr charakteristische Eigenthümlichkeit der Blätter, so lange sie in kräftiger Vollführung der ihnen zukommenden vegetativen Thätigkeit sind, ist ihre grüne Farbe. Diese Farbe ist auch in den meisten Fällen der jungen Rinde des Stammes eigen, eine Thatsache, die wiederum den Zusammenhang, der zwischen diesen Theilen

herrscht, anzeigt oder vielmehr die Gleichheit ihres Ursprungs und ihrer Functionen beweist, denn es ist richtig, daß nicht allein bei den Cacteen, sondern auch bei allen anderen Pflanzen die grünen (jungen) Stengel bis zu einem gewissen Umfang dieselben Aufgaben erfüllen wie die Blätter.

Der Verlust der grünen Farbe, der im Herbste bei den Bäumen, die ihr Laub jährlich abwerfen, stattfindet, oder bei dem Reifwerden der Pflanzen, wie bei den Cerealien, ist mit einem Aufhören des Wachsthums und dem Tod der Blätter verbunden.

Es giebt übrigens auch Pflanzen, deren Blätter eine rothe, braune, weiße oder andere als grüne Farbe während der Periode ihres thätigen Wachsthums besitzen. Viele dieser Pflanzen werden von den Blumenzüchtern zu ornamentalen Zwecken gezogen. Die Zellen dieser gefärbten Blätter sind keineswegs ohne Chlorophyll, was man durch eine mikroskopische Untersuchung findet, wenn auch diese Substanz mit anderen färbenden Körpern verbunden ist, welche die grüne Färbung verdecken.

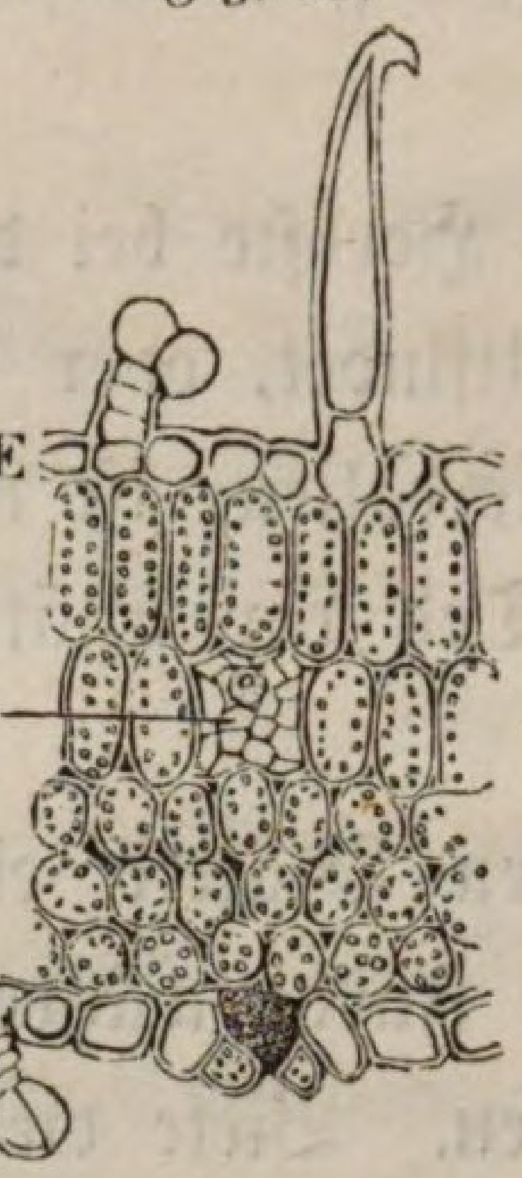
Bau der Blätter. Während wir in der Gestalt, der Größe, der Art ihrer Anordnung und Befestigung an dem Stengel bei den Blättern eine endlose Verschiedenheit finden, so herrscht doch eine große Einfachheit in der Art ihres inneren Baues.

Die ganze Oberfläche des Blattes ist auf beiden Seiten mit einer Oberhaut (Epidermis) bedeckt, eine Bekleidung, die in vielen Fällen leicht von den Blättern abgestreift werden kann und die aus dickwandigen Zellen besteht, welche meistentheils eines flüssigen Inhalts entbehren, ausgenommen in sehr jungem Zustande. (*E*, *E*, Fig. 56 a. f. S.)

Die Figur stellt die Erscheinung eines Theilchens eines Bohnenblattes dar, wie es sich bei einem Durchschnitt von der oberen zu der unteren Oberfläche stark vergrößert zeigt.

Unter der oberen Epidermis kommen oft eine oder mehrere Schichten von länglichen Zellen vor, deren Seiten in naher Berührung unter einander sind und die senkrecht zur Blattfläche geordnet sind. Unter diesen, nach der unteren Epidermis zu, etwa die Hälfte oder drei Viertel der Dicke des Blattes einnehmend, sind die Zellen gewöhnlich rundlich oder unregelmäßig an Gestalt und Anordnung und lockerer, mit zahlreichen und großen Zwischenräumen gelagert.

Fig. 56.



Die Zwischenräume der Blattzellen sind mit Luft ausgefüllt, was in den meisten Fällen auch der einzige Inhalt der Epidermalzellen ist. Die thätigen Zellen der Blätter enthalten einige oder alle der bereits erwähnten näheren Bestandtheile der Pflanzen mit Hinzufügung der färbenden Materie — des sogenannten Chlorophylls oder Blattgrüns (S. 113). Unter dem Mikroskop sieht man diese Substanz gewöhnlich in der Form von sehr kleinen Körnchen, die an den Wänden der Zellen anhaften, wie in Fig. 56, oder indem sie Stärkekörner umkleiden oder auch frei in dem Zellsaft herumschwimmen.

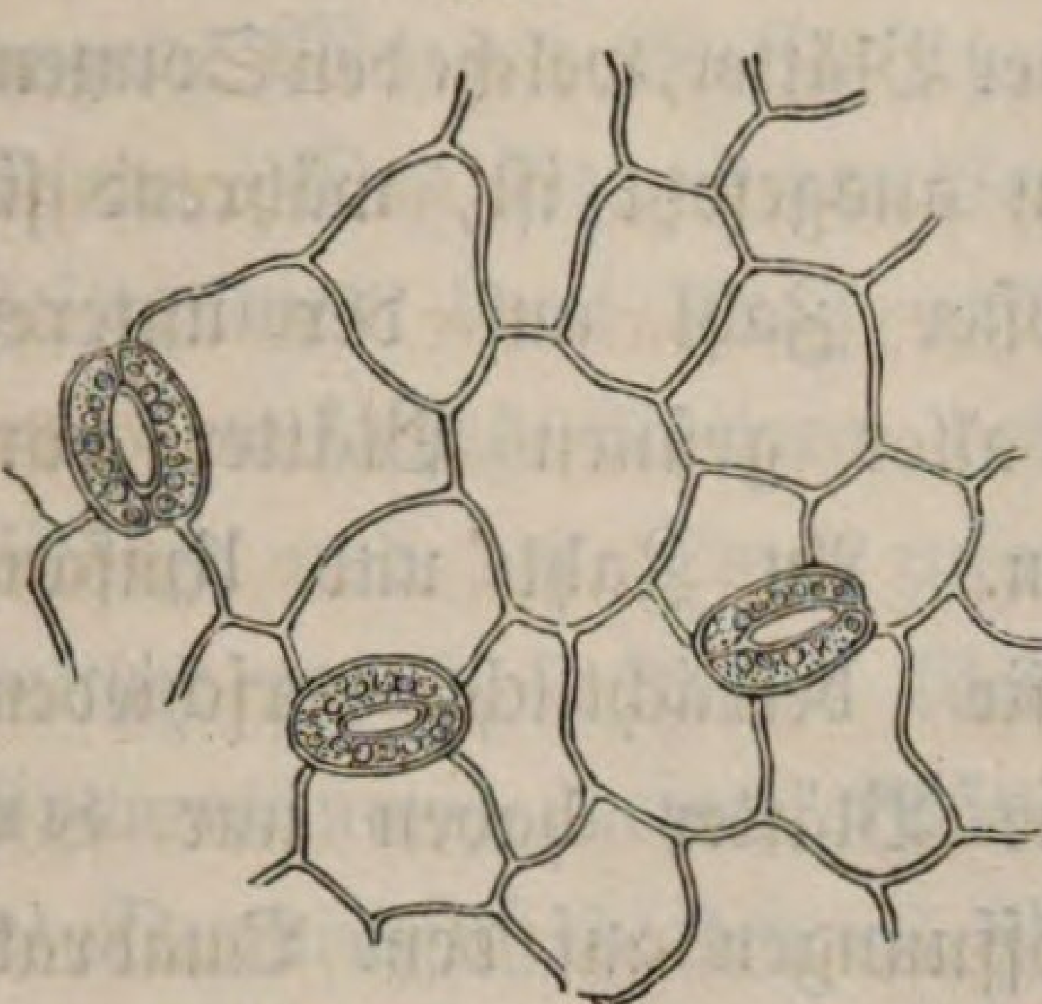
Der Bau der Adern oder Rippen des Blattes ist den Gefäßbündeln oder Fasern des Stengels, von welchen sie Abzweigungen sind, ähnlich. Bei *a*, Fig. 56, sieht man den Querschnitt einer Ader des Bohnenblattes.

Die Epidermis ist oft glatt, häufig aber auch mit Haaren oder Drüsen besetzt, wie man auf Fig. 56 sieht.

Poren der Blätter. Die Epidermis ist weiterhin mit einer großen Anzahl eigenthümlicher „Athemporen", Spaltöffnungen (stomata), versehen, vermittelst welcher die Intercellularräume im Innern des Blattes in directe Verbindung mit der äußeren Atmosphäre gebracht werden. Jede dieser

Spaltöffnungen besteht gewöhnlich aus zwei gekrümmten Zellen, welche beinahe wie die zwei Seiten des Buchstabens O oder gleich den Hälften einer elliptischen Wagenfeder gegen einander geneigt sind (Fig. 57 und 58). Die Oeffnung zwischen diesen ist ein wirkliches Loch in der Haut des Blattes. Der Umfang des Loches ist indessen fortwährend wechselnd, je nachdem die Atmosphäre trockener oder feuchter wird, oder je nachdem das Sonnenlicht mehr oder weniger intensiv auf die Oberfläche wirkt. Bei feuchter Luft biegen sie sich auswärts und die Oeffnung vergrößert sich; bei trockener Luft strecken sie sich und drücken sich zusammen, wie die Federn einer schwer beladenen Chaise, und schließen beinahe oder ganz den Eingang. Die Wirkung von starkem Licht ist mit einer Erweiterung der Spaltöffnungen verbunden.

Fig. 57.



In Fig. 56 ist ein Durchschnitt durch den kürzeren Durchmesser einer Spaltöffnung auf der unteren Oberfläche eines Bohnenblattes dargestellt. Der Luftraum innerhalb derselben ist schwarz schattirt.

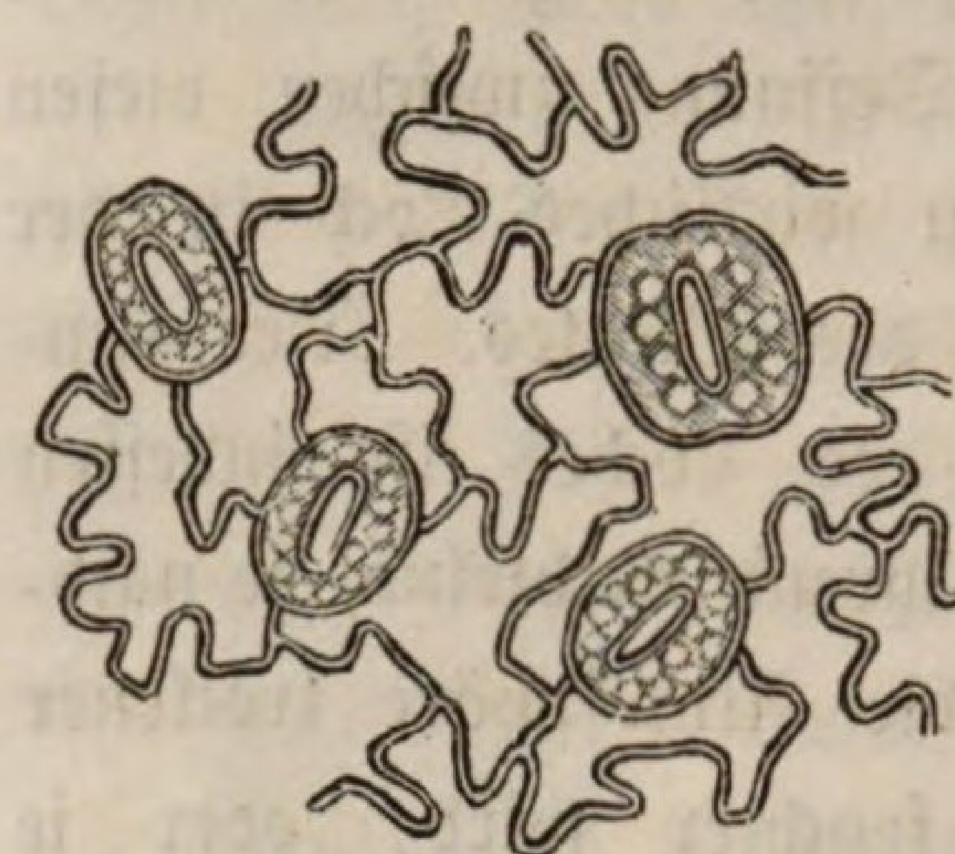
Ungleich den anderen Epidermalzellen enthalten die Zellen der Spaltöffnungen Chlorophyllkörner.

Fig. 57 stellt einen Theil der Epidermis der oberen Fläche eines Kartoffelblattes und Fig. 58 einen ähnlichen Theil der unteren Fläche desselben Blattes bei 200maliger Vergrößerung dar. In beiden Figuren sieht man die offenen Poren zwischen den halbelliptischen Zellen. Die Umrisse der anderen Epidermalzellen sind durch die unregelmäßigen Doppellinien bezeichnet. Die runden Körper in den Zellen der Spaltöffnungen sind Stärkekörner, die oft in diesen Zellen gegenwärtig sind, wenn sie in keinem anderen Theil des Blattes vorkommen.

Die Spaltöffnungen fehlen bei untergetauchten Blättern von Wasserpflanzen mit wenigen Ausnahmen gänzlich. Bei schwimmenden Blättern kommen sie vor, aber nur auf der

äußeren Oberfläche. Sie werden demnach in der Regel nicht in Berührung mit dem fließenden Wasser gefunden. Andererseits fehlen sie bei Landpflanzen oder sind verhältnißmäßig gering an Zahl auf der oberen Seite der Blätter, welche den Sonnenstrahlen ausgesetzt ist, während sie in großer Zahl auf der unteren Seite aller grünen Blätter vorkommen. An Zahl und Umfang sind sie beträchtlich verschieden. Manche Blätter haben nur 800 Spaltöffnungen auf dem Quadratzoll, während andere bis zu 170,000 auf demselben Flächenraum haben. Ungefähr 100,000 können auf einem Aepfelblatt von Durchschnittsgröße gezählt werden. Im Allgemeinen sind sie am größten und zahlreichsten bei Pflanzen, die in feuchten und schattigen Standorten wachsen, wo sie auf beiden Seiten des Blattes vorkommen.

Fig. 58.



Die Epidermis ist bei Blättern solcher Pflanzen, die auf sandigem Boden stehen und in warmen und trocknen Klimaten wachsen, meistens dicht und besteht aus dickwandigen Zellen von verschiedenen Lagen übereinander. Oft ist sie an der Oberfläche mit Wachs überzogen und dadurch beinahe undurchdringlich für Feuchtigkeit.

Andererseits ist die Epidermis bei rasch wachsenden Pflanzen, die feuchten Standorten angepaßt sind, dünn und zart.

Ausdunstung von Wasserdampf. Es findet durch die Blätter wachsender Pflanzen, wenn sie der Luft frei ausgesetzt sind, ein beträchtlicher Wasserverlust statt. Das so verlorene Wasser wird in Form von unsichtbaren Dämpfen ausgedunstet. Die Menge des von einer Pflanze verdunsteten Wassers kann leicht ermittelt werden, vorausgesetzt, daß sie in einem glasirten Topfe oder einem anderen Wasser undurchlassen-

den Gefäße wächst. Eine Metall- oder Glasbedeckung wird an den Rand des Gefäßes und um den Stengel der Pflanze luftdicht verkittet. Die Bedeckung hat eine mit einem Kork verschlossene Oeffnung, durch welche von Zeit zu Zeit gewogene Mengen Wasser, je nach Bedürfniß, gebracht werden können. Den Betrag der Verdunstung während eines gegebenen Zeitraumes lernt man mit annähernd großer Genauigkeit durch einfaches Notiren des Gewichtsverlustes, welchen die Pflanze und der Topf zusammen erleiden, kennen. Hales, welcher zuerst in dieser Weise experimentirte, fand, daß eine Sonnenblume, deren Blätter eine Gesammtoberfläche von 39 Quadratfuß hatten, 3 Pfund Wasser in einem Zeitraume von 24 Stunden abgab. Knop beobachtete, daß eine Maispflanze vom 22. Mai bis zum 4. September nicht weniger als ihr 36faches Gewicht an Wasser verdunstete.

Die Verdunstung ist kein regelmäßiger Proceß, sondern schwankt je nach einer Anzahl von Umständen und Bedingungen. Sie hängt viel von der Trockenheit und der Temperatur der Luft ab. Wenn die Luft in dem günstigsten Zustande für die Verdunstung sich befindet, ist der Verlust der Pflanze an Wasser rasch und groß. Wenn die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt ist, während thauiger Nächte und regnerischen Wetters, ist die Verdunstung beinahe oder ganz gehemmt.

Die Temperatur des Bodens und selbst seine chemische Zusammensetzung, der Zustand des Blattes, wie sein Alter, sein Gewebe, die Zahl der Spaltöffnungen, alles dies beeinflußt das Maß der Verdunstung.

Die Verdunstung ist ein für das Leben der Pflanze nicht nothwendiger Proceß, da er unterdrückt oder auf ein Minimum in Glaskästen oder Farrenhäusern gebracht werden kann, ohne augenscheinlichen Einfluß auf das Wachsthum zu üben. Die Verdunstung ist auch nicht schädlich, so lange nicht der Verlust größer ist als die Zufuhr. Wenn das Wasser von

den Blättern schneller verdunstet, als es in die Wurzeln tritt, welkt die Pflanze, und wenn diese Störung zu weit geht, stirbt sie ab.

Die Verdunstung geht in großer Ausdehnung von der Oberfläche der Epidermalzellen aus. Obgleich die Hohlräume dieser Zellen hauptsächlich von Luft erfüllt sind, so lassen doch die verdickten Wände das Wasser, mit welchem das Innere der Blätter durch die Gefäßgänge des Cambiums versehen wird, durch. Andererseits findet auch durch die Spaltöffnungen ein Entweichen von Wasserdampf statt. Die Spaltöffnungen scheinen in großem Maße die Function zu haben, die Verdunstung zu reguliren, indem sie die Eigenthümlichkeit haben, sich zu schließen, wenn die Trockenheit der Luft eine rasche Verdunstung begünstigt. Sie sind in der That selbstwirkende Ventile, welche die Pflanze vor zu plötzlichem und raschem Verlust von Wasser schützen.

Zutritt der Luft in das Innere der Pflanzen. Das Blatt gestattet nicht nur das Entweichen von Wasserdämpfen, sondern es läßt auch das Eintreten und Austreten von gasförmigen Körpern zu.

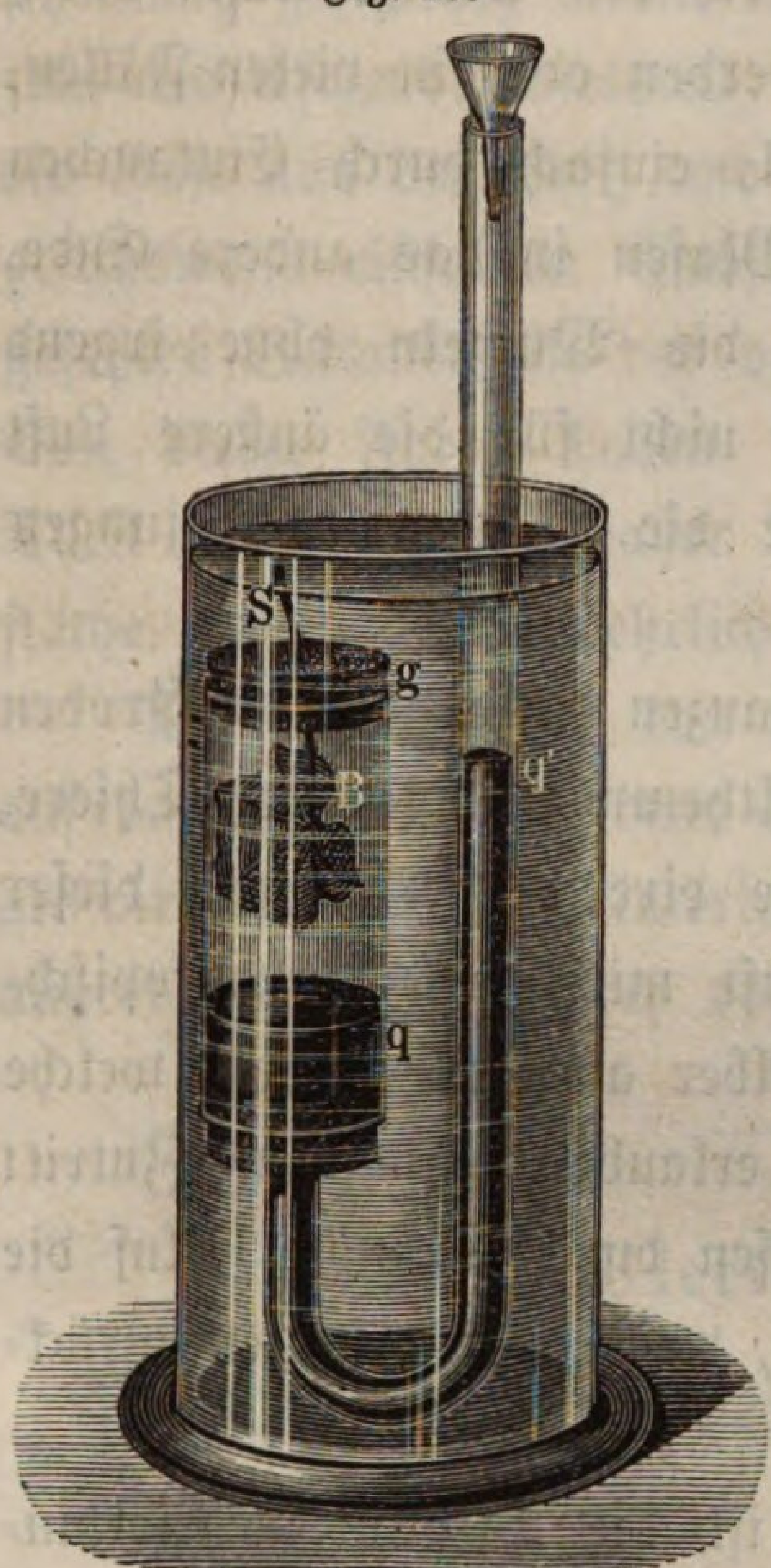
Die Lufttheilchen der Atmosphäre haben indessen leichten Zutritt in das Innere aller Blätter, so dicht und geschlossen auch ihre Epidermis oder so wenig und so klein auch ihre Spaltöffnungen sein mögen. Alle Blätter sind thätig beschäftigt, bestimmte gasförmige Bestandtheile der Atmosphäre während der ganzen Zeit ihres gesunden Bestehens zu absorbiren und auszuhauchen.

Die ganze Pflanze ist in der That durch die Spaltöffnungen der Blätter für die Luft durchdringlich. Diese communiciren mit den Intercellularräumen des Blattes, welche im Allgemeinen ausschließlich mit Luft gefüllt sind, und diese sind wieder durch Gänge, welche sich durch die Adern des

Blattes ziehen, mit den Gefäßbündeln, welche sich vom Stamme aus verzweigen, verbunden.

In der Rinde oder Epidermis von holzigen Stengeln kommen, wie Hales schon vor langer Zeit entdeckt hat, Poren oder Risse vor, durch welche die Luft mit den der Länge nach gehenden Gefäßen in Verbindung steht.

Fig. 59.



Diese Thatsache erlaubt eine Veranschaulichung durch einfache Mittel. Sachs verwendet für diesen Zweck einen Apparat, der aus einer kurzen, weiten Glasröhre, *B* (Fig. 59), welcher unten durch einen dicht schließenden Kork eine gebogene Glasröhre angepaßt ist, besteht. Der Stengel eines Blattes wird dann durch einen Kork gesteckt, der die obere Oeffnung der weiten Röhre luftdicht schließt, das Blatt selbst ist in der letzteren eingeschlossen, die einzelnen Theile des Apparates sind durch Verschmieren mit Talg luftdicht gemacht. Das Ganze wird dann in einen Glascylinder gesetzt, der genug Wasser enthält, um den herausstehenden Blattstengel zu bedecken, dann wird in das offene Ende der gebogenen Röhre schnell so viel Quecksilber gegossen, daß sie beinahe gefüllt ist. Der Druck dieser schweren Flüssigkeitssäule preßt sofort die Luft in die Spaltöffnungen der Blätter, und eine entsprechende Menge wird durch die Intercellularräume und durch die Gefäße der Blattadern in die Gefäße des Blatt-

stengels gepreßt, aus welchen sie in kleinen Bläschen bei S entweicht.

Es ist selbst in manchen Fällen leicht, die Durchdringbarkeit des Blattes für Luft zu zeigen, wenn man es in Wasser untertaucht und den Blattstiel zwischen die Lippen nimmt und einen Strom von Bläschen durch starkes Blasen erzeugt. In diesen Fällen entweicht die Luft aus den Spaltöffnungen. Der Luftdurchgang durch den Stengel kann durch eine ähnliche Einrichtung gezeigt werden oder in vielen Fällen, wie z. B. mit einem Maisstengel, einfach durch Eintauchen des einen Endes in Wasser und Blasen in das andere Ende.

Im Gegensatze davon sind die Wurzeln ohne irgend welche sichtbaren Poren und sind nicht für die äußere Luft oder Dünste in dem Sinne wie die Blätter oder jungen Stengel durchdringlich.

Die Luftdurchgänge in den Pflanzen entsprechen im Groben dem Mund, der Kehle und den Athemwerkzeugen der Thiere.

Wir haben bis jetzt nur die directe Verbindung dieser Luftdurchgänge mit der äußern Luft mit Hülfe mikroskopisch-sichtbarer Oeffnungen erwähnt. Aber auch die Zellen, welche keine sichtbaren Poren enthalten, erlauben leicht den Zutritt und Austritt von Wasser und Gasen durch Osmose. Auf die Art, in welcher dies bewirkt wird, werden wir später zurückkommen.

Der Zweck der Blätter ist die Pflanze in Verbindung mit der Atmosphäre und der Sonne zu bringen. Einerseits gestatten und bis zu einem gewissen Grade reguliren dieselben das Entweichen des Wassers, welches beständig durch die Wurzeln in die Pflanze gepumpt wird, andererseits absorbiren sie von der Luft, die sie leicht durchdringt, gewisse Gase, welche das hauptsächlichste Material zur Organisation der Pflanzenstoffe liefern.

Wir haben gesehen, daß die Pflanzen theils aus Elementen

bestehen, die durch die Hitze eines gewöhnlichen Feuers sich verflüchtigen, theils aus Stoffen, die bei dieser Temperatur nicht flüchtig sind. Wenn die Pflanze verbrennt, werden die ersteren in einem Betrag von 90 bis 99 Procent der Pflanze in Gase verwandelt, die letzteren bleiben als Asche zurück.

Die Wiedererzeugung der Pflanzen aus den Producten der Verbrennung (oder Verwesung) in ihrer einfachsten Erscheinung geschieht, indem eine neue Pflanze durch ihre Wurzeln die Aschenbestandtheile aufnimmt und durch die Blätter die Gase aus der Luft, und durch die Vereinigung dieser vergleichsweise einfachen Substanzen werden die hochzusammengesetzten Bestandtheile des vegetabilischen Organismus gebildet. Von dieser Arbeit haben die Blätter weitaus den größten Theil zu verrichten; daher denn die Ausdehnung ihrer Oberfläche und ihre Unentbehrlichkeit für das Gedeihen der Pflanzen.

Die Assimilation von Kohlenstoff durch die Pflanzen ist auf das Innigste mit dem Chlorophyll verknüpft, welches wir als die grünfärbende Materie des Blattes haben kennen lernen; außerdem hängt sie noch von den Sonnenstrahlen ab.

Viertes Kapitel.

Fortpflanzungs- oder Zeugungsorgane der Pflanzen.

§ 1.

Die Blüthe.

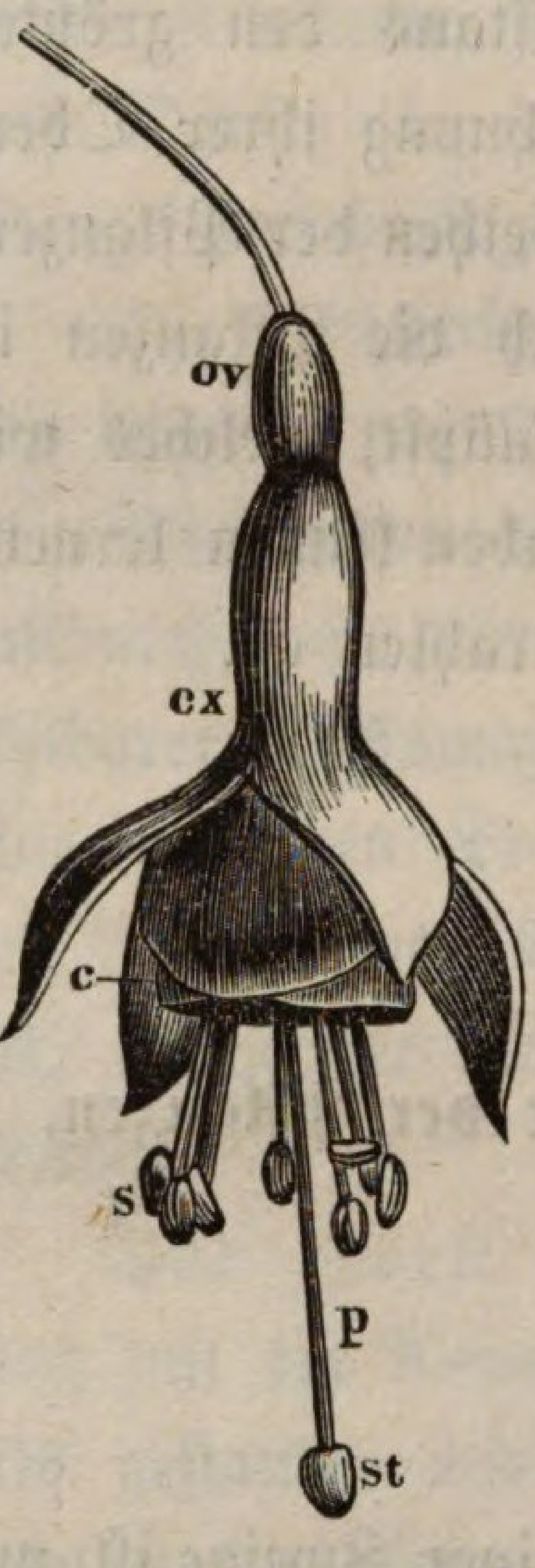
Das Fortwachsen des Stammes oder seiner Zweige ist nur da begrenzt, wo sich zu einer bestimmten Zeit aus den Terminalknospen statt der Blätter nur Blüthen entfalten. Wenn sich dieses ereignet, wie in dem Falle bei den meisten einjährigen oder zweijährigen Pflanzen, die auf dem Felde oder im Garten gezogen werden, hat die vegetative Kraft gewöhnlich die vollste

Entwicklung erlangt, und die Fortpflanzungsorgane beginnen sich auf den Tod des Individuums vorzubereiten, indem sie Samen bilden, welche die Art verewigen sollen.

Anfänglich ist oft keine sichtbare Verschiedenheit zwischen den Blätterknospen und Blüthenknospen, aber gewöhnlich sind in einem späteren Wachsthumsstadium die letzteren von den ersteren leicht durch den größern Umfang und durch die eigenthümliche Gestalt oder Farbe zu unterscheiden.

Die Blüthe ist ein kurzer Zweig, der eine Anhäufung von Organen trägt, welche gewöhnlich wenig Aehnlichkeit mit den Blättern haben; sie können aber als Blätter betrachtet werden, die mehr oder weniger in der Form, Farbe und in ihrem Zweck abgeändert sind.

Fig. 60.



Die Blüthe stellt sich gewöhnlich in vier verschiedenen Reihen von Organen dar, nämlich: der Kelch (Calyx), die Blumenkrone (Corolla), die Staubgefäße (Stamina), die Staubwege (Pistilla), und wird dann eine vollständige Blüthe genannt, wie die Blüthe des Apfels, der Kartoffel und anderer gemeinen Pflanzen. Fig. 60 stellt die vollständige Blüthe einer Fuchsia, die allgemein bekannt ist, dar. In Fig. 61 ist sie durchschnitten gezeigt.

Der Kelch (Calyx), *cx*, ist die äußerste Einhüllung der Blüthe. Seine Farbe ist bei der Fuchsia roth oder weiß, sonst im Allgemeinen grün. Wenn er aus verschiedenen besonderen Blättern besteht, so werden diese Kelchblätter (Sepala) genannt.

Der Kelch ist häufig klein und unscheinbar. In manchen Fällen fällt er weg, sobald die Blüthe sich öffnet. Bei der

Fuchsia hängt er fest an der Basis des Samenbehälters und ist in vier Lappen gespalten.

Die Blumenkrone (Corolla) *c*, und *ca*, besteht aus einer oder mehreren Reihen Blättern, welche innerhalb des Kelches liegen. Sie hat gewöhnlich eine andere Farbe als grün (bei der Fuchsia purpur ꝛc.), oft hat sie besondere Eigenthümlichkeiten in der Form; sie kann von sehr großer Feinheit im Bau sein und giebt dadurch der Blüthe ihre besondere Schönheit. Wenn die Blüthenkrone aus getrennten Blättern besteht, werden diese Blumenblätter (Petala) genannt. Die Fuchsia hat vier Blumenblätter, welche an der Kelchröhre befestigt sind.

Die Staubgefäße (*s*, Fig. 60 und 61) sind gewöhnlich schlanke, zwirngleiche Organe, die mit einem länglichen Sacke, dem Staubbeutel (Anthera), endigen, der, wenn die Blüthen ihre volle Entwicklung erhalten, einen feinen, gelben oder braunen Staub abwirft, den sogenannten Blüthenstaub (Pollen).

Fig. 61.



Die Gestalt der Antheren sowohl als des Blüthenstaubes ist beinahe in jeder Pflanzenart verschieden. Der gelbe Blüthenstaub der Fichten und Föhren wird nicht selten durch den Wind auf weite Entfernung hingeführt, und wenn er durch Regen in beträchtlicher Menge niedergeschlagen wird, so hat man ihn manchmal irrig für Schwefel gehalten.

Das Pistill (*p*, Fig. 60 und 61) oder die Pistille nimmt den Mittelpunkt in einer vollständigen Blüthe ein. Sie sind in der Form außerordentlich verschieden, sitzen aber immer mit ihrer Basis auf einem Fruchtknoten (Ovarium) auf, in

welchem sich die Anfänge der künftigen Samen, die Eierchen, befinden. Die Spitze des Pistills besitzt keine Epidermis, wie alle übrigen Theile der Pflanze, und wird Narbe (Stigma), *st*, genannt.

Wie schon bemerkt, kann man die Blüthenorgane als modificirte Blätter betrachten, oder noch eher als Anhang des Stammes. — Die Blätter und Blüthentheile zusammen sind verschiedene Entwicklungen aus einem und demselben fundamentalen Organ.

Die Richtigkeit dieser Vorstellung wird durch die Umbildungen, die oft beobachtet werden, unterstützt.

Die Rose hat in ihrem natürlichen Zustande eine Blumenkrone, die aus fünf Blumenblättern besteht, hat aber eine Menge von Staubgefäßen und Pistillen. In reichem Boden, oder als Folge der Agentien, welche in der „Cultur" vereinigt wirken, verlieren fast alle Staubfäden und Pistille ihre reproductiven Functionen und ihren eigenthümlichen Bau und werden wieder in Blätter umgewandelt, wodurch die Blume hernach gefüllt wird. Die Tulpe, der Mohn und zahlreiche andere Gartenblumen zeigen ebenfalls diese interessante Metamorphose, und bei diesen Blumen können wir oft zu gleicher Zeit die Umwandlung in ihren verschiedenen Zwischenstufen zwischen vollkommenen Blumenblättern und dem unveränderten Pistill wahrnehmen.

Andererseits hat man die Umwandlung aller Blüthenorgane in gewöhnliche grüne Blätter nicht selten bei der Rose, dem weißen Klee und anderen Pflanzen beobachtet.

Während die vollständige Blüthe oben in vier Reihen von Organen beschrieben wurde, so sind doch zur Hervorbringung von Samen nur die Staubfäden und Pistille wesentlich. Die letzteren bilden eine vollkommene Blüthe selbst bei Abwesenheit von Kelch und Blumenkrone.

Die Blüthe des Buchweizens hat keine Blumenkrone, sondern nur einen weißen oder rosenrothen Kelch.

Die Gräser haben Blüthen, in welchen der Kelch und die Blumenkrone durch schuppengleiche Blätter vertreten werden, welche, wenn die Pflanze reif wird, die Spreu bilden.

Bei verschiedenen Pflanzen werden die Staubfäden und Pistille von getrennten Blüthen getragen. Solche Pflanzen werden einhäusige (Monoecia) genannt, von denen die Birke, die Eiche, der Mais, die Melone, der Kürbis und öfters die Erdbeere zum Beispiel dienen.

Bei dem Mais sind die mit Staubfäden versehenen Blüthen die Quasten auf dem Gipfel des Stengels; die mit Pistillen versehenen Blüthen sind die jungen Kolben. Die Pistille selbst sind die oben heraussstehenden, seidenartig glänzenden Fäden, von welchen jeder einen Fruchtboden (Ovarium) in der Basis hat, der, wenn er befruchtet wird, sich zu einem Kern ausbildet.

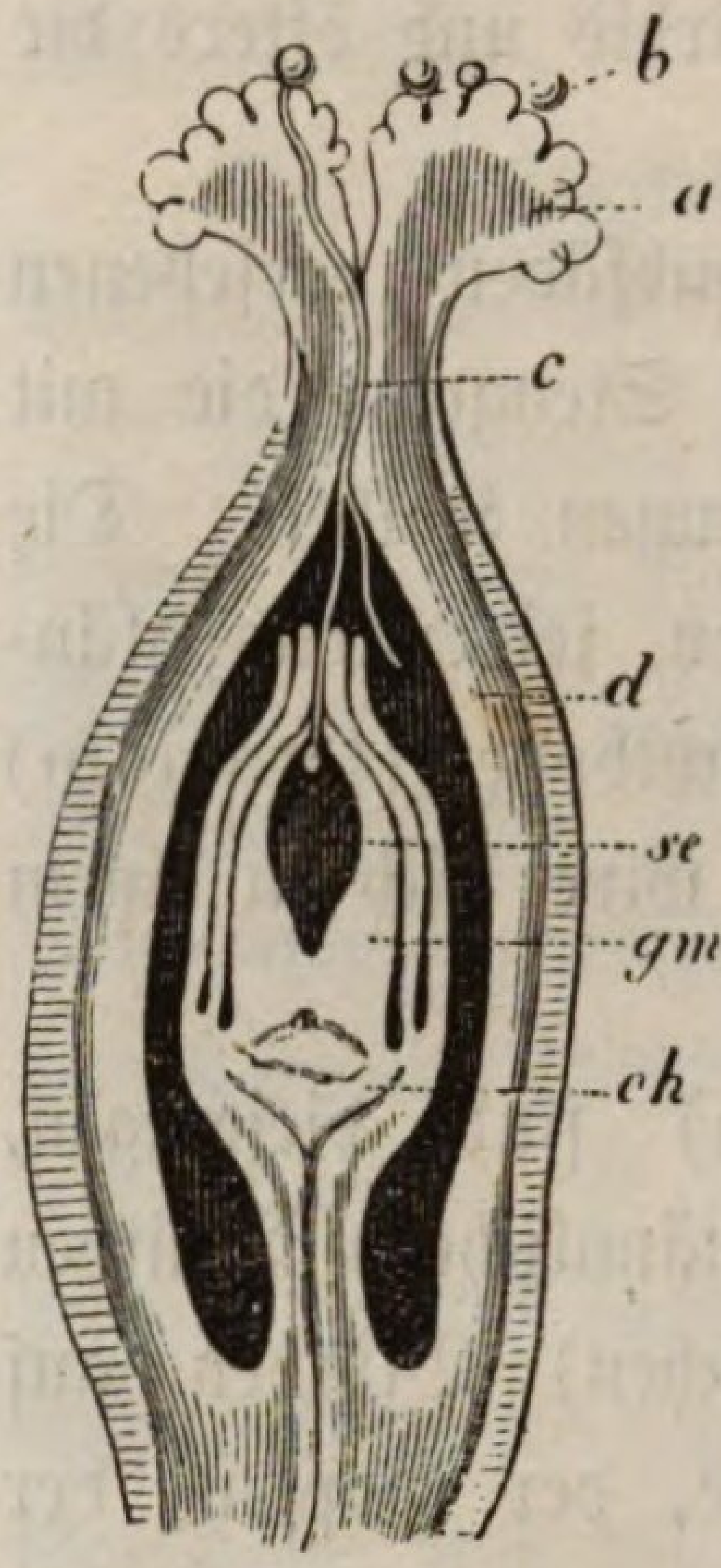
Zweihäusige Pflanzen (Dioecia) sind diejenigen, welche die mit Staubfäden versehenen (männlichen) Blüthen und die mit Pistillen versehenen (weiblichen) Blüthen auf verschiedene Individuen tragen; die Weide, der Hopfen, der Hanf sind Pflanzen dieser Art.

Befruchtung. Die große Aufgabe der Blüthen ist die Befruchtung. Um diese zu erreichen muß der Blüthenstaub auf die nackte Spitze des Pistills, die Narbe, fallen, oder vom Winde, Insecten oder durch andere Mittel hingeführt werden. Liegt der Blüthenstaub auf derselben, so sendet jedes Pollenkörnchen eine dünne Röhre von mikroskopischem Umfang aus, welche in das Innere des Pistills eindringt, bis sie in den Fruchtknoten eintritt und in Berührung mit einem Eichen oder dem rudimentären Samen kommt. Wenn diese Berührung stattgefunden, ist das Eichen befruchtet und beginnt zu wachsen. Von dieser Zeit an welken die Blumenkrone und

Staubfäden, während die Basis des Pistills und das eingeschlossene Eichen rasch an Umfang zunimmt, bis die Samen reif sind; dann fällt der Fruchtbehälter auf den Boden oder er öffnet sich und entleert seinen Inhalt.

Fig. 62 zeigt den Befruchtungsproceß, wie er in der Pflanzenfamilie, wohin der Buchweizen gehört, bei Polygonum convolvulus beobachtet wurde. Der Holzschnitt stellt den vergrößerten Längendurchschnitt durch das kurze Pistill dar; *a* ist das Stigma oder die Spitze des Pistills; *b* sind Pollenkörner; *c* sind Pollenröhren, die in den Fruchtknoten, welcher die Basis des Pistills bildet, eingedrungen sind. Eine ist in den Mund eines Eichens, *g*, eingetreten und hat den Embryosack, *e*, erreicht, in welchem sie die Entwicklung eines Samens verursacht; *d* ist die innere Wand des Fruchtknotens oder Samengefäßes; *h* die Basis des Samens und seine Befestigung an dem Fruchtknoten.

Fig. 62.



Darwin hat gezeigt, daß gewisse Pflanzen, welche Pistille und Staubfäden in derselben Blüthe haben, unfähig sind sich selbst zu befruchten, und daß die Befruchtung von Insecten abhängt, welche den Blüthenstaub auf die Narbe der Pistille bringen. Viele Orchideen gehören hierher.

Künstliche Befruchtung wurde von Hoorbrenk in Belgien als ein Mittel vorgeschlagen, den Ertrag gewisser Früchte zu vermehren. Hoorbrenk's Plan war, die Aehren von Cerealien zur Zeit, wenn das Pollen reif ist, zu rütteln. Um seine Vertheilung zu sichern, wurde von zwei Männern, die das Feld durchschritten, mit einem Seil, das sie zwischen sich führten, leicht über die Aehren gestreift. In manchen

Fällen schien es sehr nützlich gewesen zu sein, in vielen anderen war die Anwendung dieses Mittels ohne Erfolg. Wir müssen daraus schließen, daß die Bewegung durch den Wind und die guten Dienste der Insecten gewöhnlich die künstliche Beihülfe bei dem Befruchtungsproceß gänzlich überflüssig machen.

Bastardirung (Hybridicirung). Wie aus der Vereinigung der Geschlechter verschiedener Arten von Thieren bisweilen die Geburt eines Bastards hervorgeht, so können die Eichen von Pflanzen einer Art durch den Blüthenstaub (Pollen) einer andern befruchtet werden, und der so erzeugte Samen bringt bei seinem Wachsthum eine Bastardpflanze hervor.

In dem Thierreich wie im Pflanzenreich scheinen die Grenzen, in welchen eine Bastardirung vor sich geht, sehr enge gezogen zu sein. Nur zwischen nahe verwandten Specien kann eine Befruchtung stattfinden. Weizen, Hafer und Gerste scheinen keine Neigung zu haben, sich zu vermischen; das Pollen der einen dieser sich ähnlichen Pflanzen scheint unfähig die Eichen der anderen zu befruchten.

In der Blumen- und Obstcultur wird die Bastardirung als ein Mittel, um neue Arten zu erzeugen, geübt oder versucht. So glaubt man, daß die berühmten Roger's Seedling Grapes Bastarde von der europäischen Traube, Vitis vinifera, und der verwandten aber besonderen Vitis labrusca von Nordamerika waren.

Die Bastardirung zwischen Pflanzen bewirkt man durch Entfernung der Staubfäden von einer Blüthenart, bevor sie ihr Pollen ausschütten, und durch Bestauben der Narbe des Pistills mit Pollen von einer andern Art.

Das Vermischen verschiedener Varietäten, wie sich dies gewöhnlich bei Mais, Melonen ꝛc. ereignet, ist keine eigentliche Bastardirung, wie dies Wort in dem lange festgestellten Sinne gebraucht wird.

Wir werden dadurch darauf hingeleitet, den Sinn der Ausdrücke Species und Varietät und ihre Unterscheidung, wie sie in der botanischen Classification angewendet werden, kurz zu erwähnen.

Species. Der Begriff von Species als Unterschied von Varietät, wie er seither von den meisten wissenschaftlichen Autoritäten festgehalten wurde, ist ursprünglich auf die Fähigkeit einer fortgesetzten Wiedererzeugung basirt. Das Pferd ist eine Species, die viele Varietäten in sich faßt. Jede dieser Varietäten kann durch geschlechtliche Vereinigung die Species fortpflanzen. Dasselbe gilt für den Esel. Das Pferd und der Esel hingegen erzeugen durch geschlechtliche Vereinigung einen Bastarden — das Maulthier —, aber die geschlechtliche Vereinigung von Maulthieren ist ohne Erfolg. Die Maulthiere können sich nicht als eine bestimmte Art von Thieren, als eine Species fortpflanzen. Bei den Thieren umfaßt deshalb die Species alle die Individuen, welche durch gemeinsamen Ursprung oder Brüderschaft verwandt und geschlechtlicher Fruchtbarkeit fähig sind. Diese Auffassung involvirt ursprüngliche und dauernde Verschiedenheiten zwischen verschiedenen Species.

Eine Species kann daher keinen ihrer wesentlichen Charaktere ändern, diese Merkmale werden deßhalb specifische genannt.

Varietät. Individuen derselben Species weichen von einander ab. In der That sind nicht zwei Individuen ganz gleich. Aeußere Umstände, Temperatur, Nahrung, Lebensgewohnheiten vergrößern diese Verschiedenheiten, und es gehen daraus wiederum Varietäten hervor, wenn diese Abweichungen einmal vergleichsweise Dauer und Festigkeit angenommen haben.

Wie nun äußere Bedingungen, Abweichungen von irgend einem besondern Repräsentant einer Species hervorbringen können, so können diese Abweichungen auch wieder rückwärts

zu dem Original stattfinden, und wenngleich die Abweichungen einen scheinbar weiten Umfang annehmen mögen, so sind doch die Grenzen fest und berühren keine specifischen Merkmale.

Die Ursachen, welche Varietäten erzeugen, sind zahlreich, aber in vielen Fällen ist ihre Natur und die Art ihrer Wirkung schwer oder unmöglich zu verstehen. Den Einfluß von Mangel und Ueberfluß können wir leicht begreifen, er kann eine Pflanze zu einem Zwerg machen oder kann zur Production eines Rieseninidividuums führen; aber wie in manchen Fällen die so einem Individuum eingeprägten Eigenthümlichkeiten bleibend werden und auf die folgenden Generationen vererbt werden können, während sie in anderen verschwinden, steht außerhalb unseres Erklärungsvermögens.

Bei Pflanzen können Varietäten oft durch Samen verewigt werden. Dies gilt für unsere Cerealien und Leguminosen, welche ihre Art mit auffallender Regelmäßigkeit fortpflanzen.

Andere Pflanzen können nicht oder werden nicht unverändert durch den Samen wiedererzeugt, aber sie werden im Besitz ihrer Eigenthümlichkeiten durch Stöcklinge, Ableger oder Pfropfreiser fortgepflanzt. Hier wird die individuelle Pflanze gewissermaßen durch Theilung vervielfältigt.

Die Species wird fortgepflanzt, aber nicht wiedererzeugt. Die Thatsache, daß man sich auf die Reproduction der Varietät durch Samen bei der Kartoffel, einer Traube, einem Apfel oder einer Birne nicht verlassen kann, mag vielleicht gewöhnlich mehr von der unvermeidlichen Berührung des Pollens mit anderen Varietäten herrühren, als von der Unfähigkeit der Mutterpflanze, ihre Eigenthümlichkeiten dauernd zu erhalten; daß übrigens oft solche Unfähigkeit vorkommt, ist wohl begründet und ist im Allgemeinen am auffallendsten in den Fällen, wo die Varietät im weitesten Maße sich von dem specifischen Originaltypus entfernt hat. Auf diese Weise setzt die Natur

der Veränderung innerhalb einer Species dieselbe Grenze, die sie auch gegen die Vermischung der Species aufgerichtet hat.

Darwin's Hypothese, die nun von vielen Naturforschern angenommen ist, bestrebt sich darzuthun, daß der Begriff Species, wie wir ihn oben entwickelt haben, nicht existirt, sondern daß neue Arten (eine sogenannte Species) von Thieren und Pflanzen durch Abweichungen entstehen können, und daß alle vorhandenen Thiere und Pflanzen durch Abweichungen sich durch einen Proceß „der natürlichen Auswahl" aus dem Originaltypus entwickelt haben könnten.

Unser Zweck ist hier nicht, diese verwickelte Frage zu besprechen, sondern den Leser einfach in den Besitz der Meinung, welche man mit den in der Wissenschaft angewandten landläufigen Ausdrücken verbindet, zu setzen, — Ausdrücke, welche noch lange im Gebrauch bleiben werden und welche nothwendig in diesen Blättern*) gefunden werden müssen.

Genus (in der Mehrzahl Genera). In der Sprache der Antidarwinianer bildet irgend eine Anzahl Eichen, die fähig sind, ihre Art durch Samen wieder zu erzeugen, aber die ihre Samen mit anderen Eichen nicht vermischen kann, eine Species. So ist die weiße Eiche eine Species, die rothe Eiche eine andere, die Wassereiche eine dritte, die immergrüne Eiche eine vierte u. s. f. Alle Eichen, weiße, rothe ꝛc. zusammengenommen, bilden eine Gruppe, die eine Reihe von Merkmalen gemein hat, die sie von allen anderen Bäumen und Pflanzen unterscheidet. Eine solche Gruppe von Arten (Species) wird ein Genus genannt.

---

*) Eine meisterhafte Zusammenstellung der Thatsachen und Beweise, die sich auf diese Fragen beziehen, welche für den Landwirth von größter Wichtigkeit sind, siehe in Darwin's Werken: „On the Origin of Species" und „On the Variation of Animals and Plants under Domestication".

Familien oder Ordnungen sind in der botanischen Sprache Gruppen von Genera, die in gewissen Eigenthümlichkeiten übereinstimmen. So die verschiedenen wohlbekannten Pflanzen, wie Malven, Rosenpappel, Okra (Hibiscus esculentus) und Baumwollstaude sind Repräsentanten von verschiedenen Genera. Alle stimmen in einer Anzahl Punkten überein, besonders in Bezug auf den Bau ihrer Frucht. Sie werden deswegen zusammen in eine Familie oder Ordnung gruppirt, welche sich von allen anderen unterscheidet.

Classen, Serien und Classification. Classen sind Gruppen von Ordnungen; Serien sind Gruppen von Classen. Die botanische Classification, die nun allgemein angewendet wird, ist die Classification nach dem natürlichen System. Alle Pflanzen sind in zwei Serien getheilt, wie folgt:

I. Deutlich blühende Pflanzen (Phanerogamae), welche Blüthen und Samen mit Embryo erzeugen, und

II. Verborgen oder undeutlich blühende Pflanzen (Cryptogamae), welche keine eigentlichen Blüthen besitzen und durch Sporen, die in den meisten Fällen einzelne Zellen sind, wiedererzeugt werden. Diese Serie schließt die Farne, die Moose, Lebermoose, Flechten, Seegewächse (Algen), Schwämme (Fungi) und Schimmel ein.

Der Zweck der Classification dient dazu, um unseren Begriffen und Unterscheidungen Schärfe zu geben, und um uns den Gebrauch und die Erlangung von Kenntnissen zu erleichtern.

Serien, Classen, Ordnungen, Species und Varietäten sind dem Naturforscher eben so nothwendig, wie dem Buchhalter seine Brieffächer oder dem Kaufmann seine Schubladen.

Botanische Nomenclatur. So sind auch die lateinischen oder griechischen Namen, welche der Botaniker anwendet, wesentlich für die Unterscheidung der Pflanzen, indem sie in

allen Sprachen und Ländern, in denen die Wissenschaft eine Heimath hat, gleich gut verstanden werden.

Mit ihrer Hülfe werden die Verwechselungen durch die Verschiedenheit der Bezeichnungen in den verschiedenen Sprachen, und ebenso die durch Provinzialismen möglichen Verwirrungen verhütet.

Der botanische Sprachgebrauch erfordert für jede Pflanze zwei Namen, einen, um das Genus zu bezeichnen, den andern, um die Species anzuzeigen. So werden alle Eichen mit dem lateinischen Namen Quercus bezeichnet, während die rothe Eiche Quercus rubra, die weiße Eiche Quercus alba und die immergrüne Eiche Quercus virens genannt wird.

Die Bezeichnung gewisser wichtiger Pflanzenfamilien ist von der eigenthümlichen Form oder Anordnung der Blüthen hergenommen. So wird die Familie der Leguminosen, welche die Bohnen, Erbsen, Wicken sowohl wie die Luzerne und den Klee einschließen, Papilionaceen genannt, von der Aehnlichkeit ihrer Blüthen mit Schmetterlingen (lateinisch Papilio). So wird die Familie der Kohle, wozu der Rettig, die Turnips, der Kohl, die Brunnenkresse, der Senf 2c. gehören, Cruciferen genannt, weil ihre Blüthen die vier Blumenblätter wie die vier Arme eines Kreuzes (lateinisch crux) geordnet haben.

Die Blüthen einer großen natürlichen Pflanzenfamilie sind oft in großer Zahl, Seite an Seite neben einander, an dem ausgebreiteten Ende eines Blüthenstengels geordnet. Beispiel hierfür sind die Distel, der Löwenzahn, die Sonnenblume, Artischocke, Aster 2c., die solche zusammengesetzte Köpfe tragen und daher Compositen genannt werden.

Die Coniferen (Zapfenträger) umfassen die Fichten, Lärchen, Tannen 2c., deren Blüthen in konischen Behältnissen geordnet sind.

Die Blüthen der Gelbrübe, der Pastinake, des Kümmels sitzen auf der Spitze von Stengeln, welche von dem Central-

stamm ausstrahlen wie die Arme eines Regenschirmes; deswegen werden sie Umbelliferen (von dem lateinischen Wort umbella, kleiner Schirm) genannt.

§ 2.

Die Frucht.

Die Frucht schließt die Fruchtknoten und den Samen zusammen mit ihrem verschiedenen Zubehör in sich.

Der Fruchtknoten, der in seinem reifen Zustande aus der Basis des Pistills besteht, zeigt eine große Verschiedenheit in der Form und dem Charakter, welche vorzugsweise dazu dient, die verschiedenen Arten von Früchten zu kennzeichnen. Von diesen werden wir nur solche anführen, die von ganz allgemeinem Vorkommen sind und in der Landwirthschaft auftreten.

Die Nuß hat eine harte, lederartige oder beinige Schale, die sich nicht freiwillig öffnet. Beispiele sind die Eichel, Kastanie, Buchecker, Haselnuß. Die Näpfchen der Eicheln und die Fruchthüllen der anderen sind eine Art fleischiger Kelch.

Die Steinfrucht ist ein Kern, der von einer fleischigen oder lederartigen Hülle bekleidet ist, wie der Pfirsich, die Kirsche und die Pflaume, dann die Butternuß und die Hickorynuß. Himbeeren und Brombeeren sind Haufenfrüchte mit kleinen Steinchen.

Der Apfel ist der Sammelname für Früchte wie der Apfel oder die Birne; das innere Herz derselben ist der ursprüngliche zum Pistill gehörende Fruchtknoten, während das oft eßbare Fleisch der ungeheuer vergrößerte und verdickte Kelch ist, dessen verwelkte Spitzen immer an dem dem Stiele entgegengesetzten Ende gefunden werden.

Die Beere ist eine vielsamige Frucht, von welcher der ganze Fruchtknoten dick und weich wird, wie bei der Traube, Johannisbeere, dem Nachtschatten und den Heidelbeeren.

Kürbisfrüchte haben äußerlich eine harte Rinde, sind aber im Innern fleischig. Die Melone, die Gurke, der Kürbis gehören hierher.

Schließfrucht (Akena) ist eine Frucht, die einen einzigen Samen enthält, der sich von seiner trockenen Hülle nicht trennt. Die sogenannten Samen der Compositenen, wie die der Sonnenblume, der Distel, des Löwenzahns, sind Schließfrüchte. Entfernen wir die äußere Schale oder Hülse, so finden wir den wirklichen Samen. Viele Schließfrüchte sind mit einer Fruchtkrone (Pappus), einem flaumigen oder haarigen Anhang, versehen, wie bei der Distel, welcher den Samen befähigt zu fliegen und von dem Winde fortgetragen zu werden. Die Frucht oder das Korn des Buchweizens ist eine akenaartige Frucht.

Die Getreidesamen sind eigentliche Früchte. Weizen und Mais bestehen aus Samen, die mit dem Fruchtknoten innig verbunden sind. Wenn diese Samen gemahlen werden, so bleibt in der Kleie der Fruchtknoten mit der äußeren Bekleidung des Samens. Das Gerstenkorn hat als Zugabe des Fruchtknotens die Blumenblätter oder die innere Spreu, und der Hafer hat neben diesen den Kelch oder die äußere Spreu, welche dem Haferkorne anhängt.

Kapselfrucht ist der richtige Name, der für jedes trockene Samengefäß angewendet wird, welches sich öffnet und seine Samen verstreut, wenn sie reif sind. Verschiedene Arten haben besondere Bezeichnungen erhalten, von diesen brauchen wir nur eine einzige zu erwähnen, den Mohn.

Die Hülsenfrucht*) ist eine Kapsel, die, wie bei der Bohne, sich in zwei Hälften spaltet und deren inneren Kanten entlang die Samen getragen werden. Die Familie der Hülsen-

*) Neben der Hülsenfrucht unterscheidet man noch die Schotenfrucht (siliqua), wozu die Cruciferen gehören.

früchte oder Papilionaceen werden auch Leguminosen, von der Form ihrer Früchte, genannt.

Der Samen oder das reife Eichen wird auf einem Stiele getragen, welcher mit dem Fruchtknoten verbunden ist. Durch diesen Stiel wird ihm während des Wachsthums die Nahrung geliefert. Wenn er reif ist und sich abgesondert hat, zeigt gewöhnlich eine Narbe die frühere Verbindungsstelle an.

Der Samen hat in der Regel zwei unterschiedene Bekleidungen oder Samenhüllen. Die äußere ist oft hart und gewöhnlich glatt. Bei dem Baumwollensamen ist sie mit der werthvollen Baumwollenfaser bedeckt. Die zweite Schale oder Haut ist gewöhnlich dünn und zart. Genau genommen unterscheidet man *a*) Samenoberhaut, *b*) Samenschale, *c*) Kernhaut.

Der Kern liegt innerhalb der Samenschale. In vielen Fällen besteht er ausschließlich aus dem Keimling (Embryo) oder der rudimentären Pflanze. In anderen Fällen enthält er neben dem Embryo noch das, was man mit dem Namen Endosperm benannt hat.

Das Endosperm bildet die Hauptmasse aller Getreidekörner.

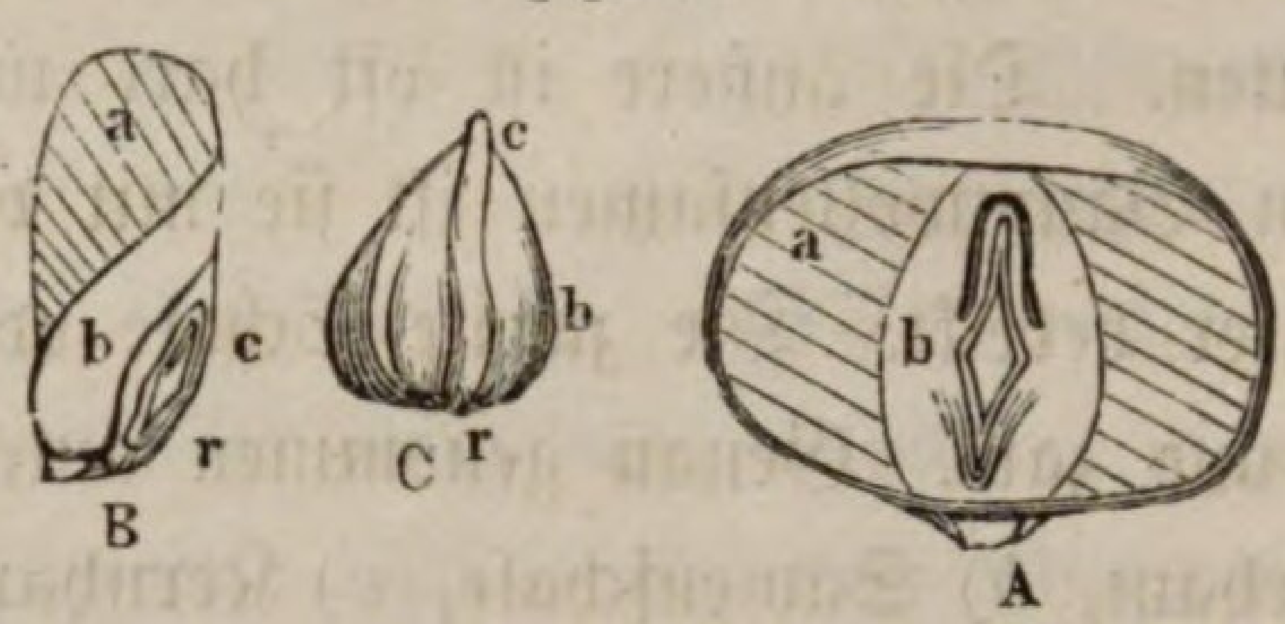
Wenn wir ein Maiskorn der Länge nach in zwei Theile schneiden, so bemerken wir an dem Punkte, wo es auf dem Kolben aufsitzt, den weichen „Keim“, *b* (Fig. 63 a. f. S.), welches der gleich zu erwähnende Embryo ist. Das Uebrige des Kernes, *a*, ist das Endosperm; das letztere liefert auch zum größten Theil das Mehl, welches einen so wichtigen Theil der menschlichen und thierischen Nahrung ausmacht.

Das Endosperm ist zum Unterhalt für die junge Pflanze bestimmt, wenn sie sich aus dem Embryo entwickelt und bevor sie fähig ist, ihre Nahrung aus dem Boden und der Atmosphäre zu ziehen. Es ist indessen kein unentbehrlicher Theil des Samens, und es kann ganz entfernt werden, ohne deshalb das Wachsen der neuen Pflanze zu verhindern.

Der Embryo oder Keim ist der wesentliche und wichtigste Theil des Samens. Er ist thatsächlich eine bereits gebildete Pflanze im Kleinen und hat seine Wurzel, Stengel, Blätter und eine Knospe, wenn auch diese Organe oft so unentwickelt in der Form sind, wie sie es an Umfang sind.

Die Form des Keimes des Maiskornes und der anderen Cerealien läßt sich nur mit Schwierigkeit in trockenen Samen erkennen; wenn dieselben aber mehrere Tage in Wasser eingeweicht waren, so läßt er sich leicht von dem ihn bekleidenden Endosperm entfernen, und er zeigt dann deutlich seine drei Theile, nämlich: das Würzelchen, das Keimknöspchen (Plumula) und die Samenlappen (Kotyledones).

Fig. 63.



In Fig. 63 ist der Embryo des Maiskornes dargestellt. In *A* und *B* sieht man in dem Durchschnitt den Embryo in dem Endosperm eingebettet. *C* stellt den abgetrennten Embryo dar. Das Würzelchen *r* ist die Wurzelfaser der Samenpflanze oder vielmehr der Punkt, von welchem das Wachsen abwärts ausgeht, von welchem die ersten wahren Wurzeln gebildet werden. Das Keimknöspchen, *c*, ist die aufsteigende Axe der Pflanze, die Centralknospe, aus welcher sich der Stengel mit den neuen Blättern, Blüthen ꝛc. entwickelt. Das Kotyledon, *b*, ist seinem Bau nach ein bereits geformtes Blatt, welches das Keimknöspchen in dem Embryo einschließt, wie die wirklichen Blätter den Stengel der älteren Maispflanze einschließen. Das Kotyledon des Maiskornes verrichtet indessen nicht die Functionen eines Blattes; im Gegentheil, es bleibt während des Keimungsactes im Boden, und sein Inhalt wird, gleich dem des Endosperms, durch das Keimknöspchen und das Würzelchen absorbirt.

Die Blätter, welche über der Erde erscheinen, wie bei dem Mais und den anderen Getreidearten (Buchweizen ausgenommen), sind diejenigen, welche in dem Embryo mit dem Keimknöspchen zusammengefaltet waren, wo sie deutlich mit Hülfe eines Vergrößerungsglases wahrgenommen werden können.

Ich bemerke hier nochmals, daß die wahren Getreidearten (welche mit Scheide versehene Blätter und hohle, mit Knoten versehene Halme besitzen) Monokotyledonen sind (einsamenlappige Samen besitzen).

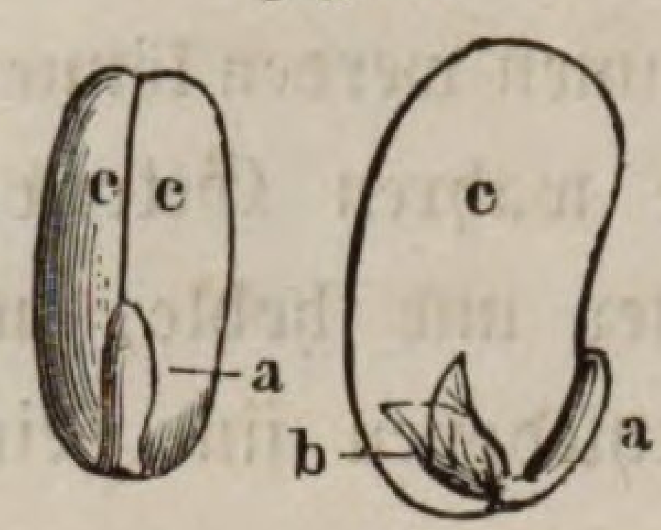
Dies ist schon als ein besonderes Merkmal der Pflanzen, welche endogene oder innenseitig wachsende Stengel besitzen (S. 304), erwähnt worden.

Die Samen der Exogenen (Außenseitwachser, S. 310) sind Dikotyledonen, d. h. sie haben zwei Samenlappen. Die Samen von Buchweizen, Lein, Flachs und Taback enthalten Endosperm. Die Samen beinahe aller anderen exogenen landwirthschaftlichen Pflanzen haben kein Endosperm und bestehen, mit Ausnahme der Bekleidung, nur aus dem Embryo. Zu diesen gehören die Samen der Leguminosen, der Bohnen, Erbsen und des Klees; von den Cruciferen die Samen von Turnips, Rettigen und den Kohlarten; von den gewöhnlichen Früchten die Samen des Apfels, der Birne, der Kirsche, der Pflaume und des Pfirsichs; von der Kürbisfamilie die Melone, der Kürbis, die Gurke, und endlich die Samen vieler harter Hölzer, wie die der Eiche, des Ahorns, der Ulme, der Birke und Buche.

Wir können den Bau des Embryos von Dikotyledonen am besten an der Gartenbohne beobachten. Nachdem die Bohne einige Stunden in warmem Wasser geweicht war, kann die Samenschale leicht entfernt werden; die zwei fleischigen Kotyledonen findet man dann getrennt von einander, mit Ausnahme des Punktes, wo man das Würzelchen, *a* (Fig. 64 a. f. S.), ähnlich einem stumpfen Sporn hervortreten sieht. Beim vorsichtigen

Wegbrechen des einen Samenlappens bekommen wir eine Seitenansicht des Würzelchens, *a*, und des Keimknöspchens, *b*; das erstere war theilweise, das letztere ganz zwischen den Samenlappen eingebettet. Das Keimknöspchen zeigt deutlich zwei zarte Blätter, an welchen das unbewaffnete Auge die Adern bemerken kann.

Fig. 64.



Diese Blätter sind ihren Mittelrippen entlang zusammengefaltet und können mit Hülfe einer Nadel geöffnet und auseinander geschlagen werden.

Wenn die Gartenbohne (Phaseolus) keimt, werden die Kotyledonen aufwärts in die Luft geführt, wo sie grün werden und das erste Paar Blätter der Pflanze bilden. Das zweite Paar sind die dünnen Blätter der eben beschriebenen Keimknospe, zwischen welchen die Knospe liegt, von der aus alle nachfolgenden oberirdischen Organe sich stufenweise entwickeln.

Bei der Pferdebohne (Faba), ebenso bei der Erbse, übernehmen die Samenlappen niemals die Functionen der Blätter, sie bleiben in dem Boden und geben allmälig einen großen Theil ihres Inhaltes an die wachsende Pflanze ab, sie schrumpfen zusammen, nehmen stark an Masse ab, fallen schließlich weg und verwesen.

§ 3.

Lebenskraft der Samen und ihr Einfluß auf die Pflanze, welche sie hervorbringen.

Lebensdauer. In dem reifen Samen liegt der Embryo, wenn er vor Feuchtigkeit geschützt ist, schlafend. Die Lebensdauer der Samen ist sehr verschieden. Man behauptet, daß die Samen der Weiden, wenn sie einmal trocken geworden, nicht mehr wachsen, sie müssen frisch gesäet werden; sie verlieren ihre Keimkraft zwei Wochen nach ihrer Reife.

In Bezug auf die Lebensdauer der landwirthschaftlichen Pflanzen herrscht wenig Meinungsverschiedenheit unter denen, welche mit denselben Versuche angestellt haben. Die Samen der Leguminosen scheinen ihre Keimkraft während langer Zeit zu erhalten. Nach Girardin keimten Bohnen, die über ein Jahrhundert alt waren. Man sagt, daß Grimstone mit großer Mühe Erbsen aus Samen zog, der aus einer versiegelten Vase genommen war, die man in dem Sarkophag einer ägyptischen Mumie gefunden hatte, welchen Sir G. Wilkinson dem britischen Museum geschenkt hatte und welcher beinahe 3000 Jahre alt geschätzt wurde.

Die Samen von Weizen verlieren gewöhnlich ihre Keimkraft, nachdem sie 3 bis 7 Jahre aufbewahrt waren. Graf Sternberg und Andere sollen Weizenkörner aus einer ägyptischen Mumie zum Keimen gebracht haben, aber nur, wenn sie vorher in Oel eingeweicht waren. Sternberg berichtet, daß dieser alte Weizen kein Leben zeigte, wenn er unter gewöhnlichen Verhältnissen in den Boden gelegt wurde; nur dann, wenn er der Wirkung von Säuren oder anderen Substanzen, welche die Gärtner bisweilen zur Beförderung des Keimens anwenden, ausgesetzt wurde, keimte er. Vilmoren bezweifelt, auf seine eigenen Versuche gestützt, ganz und gar die Aechtheit des „Mumienweizens".

Dietrich (Hoff, Jahr. 1862 bis 1863, S. 77) stellte mit Samen von Weizen, Roggen und einer Species Bromus, welche 185 Jahre alt waren, Versuche an. Beinahe jedes zur Beförderung der Keimung empfohlene Mittel wurde ohne Erfolg angewendet. Nach geeigneter Befeuchtung fand man gewöhnlich die Stelle, welche der Keim einnimmt, von einer schleimigen, fauligen Flüssigkeit eingenommen.

Die Thatsachen scheinen zu ergeben, daß die Umstände, unter welchen der Same aufbewahrt wird, die Lebensdauer desselben sehr stark beeinflußt. Wenn eben gesammelter

Samen sorgfältig getrocknet und dann in ein luftdichtes Gefäß versiegelt oder auf andere Weise vor der Berührung mit Luft geschützt wird, so bleibt kein Grund, warum die Lebensdauer nicht für Jahrhunderte erhalten werden könnte. Sauerstoff und Feuchtigkeit, nicht der Insecten zu erwähnen, sind die wirkenden Ursachen, welche gewöhnlich der Dauer der Keimkraft eines Samens bald eine Grenze setzen*).

In der Landwirthschaft ist es gewöhnlich die Regel, daß die jüngere Saat bei ihrer Anwendung die besten Resultate ergiebt. Versuche haben bewiesen, daß, je älter das Saatgut ist, desto zahlreicher auch die nichtkeimenden Samen sich finden, und daß die erzeugten Pflanzen desto schwächer werden.

Londet machte im Jahre 1856 bis 1857 mit Weizensamen aus den Jahren 1856, 1855, 1854 und 1853 Versuche.

Die folgende Tafel zeigt die Resultate, welche die eben gemachten Angaben erläutern.

Samen von	Procente der gekeimten Samen.	Länge der Blätter 4 Tage nach dem Aufgehen.	Zahl der Halme und Aehren von 100 Samen.
1853	keine	—	—
1854	51	0,4 bis 0,8 Zoll	269
1855	73	1,2 „	365
1856	74	1,6 „	404

Resultate von ähnlichen Versuchen, die Haberland mit verschiedenen Getreidesamen anstellte, enthält die folgende Tafel.

*) Da selbst der bestgetrocknete Samen immer noch Luft und Spuren von Wasser in seinen Poren festhält, so dürfte derselbe, auch abgeschlossen von weiterer Feuchtigkeit und Luft, dennoch mit der Zeit Veränderungen unterliegen, welche die Keimkraft vernichten, indem dieselben nur den innern zarteren Keim zu treffen brauchen. Jedenfalls aber kann die Lebensdauer durch sorgfältige Aufbewahrung sehr gesteigert werden. (Der Uebersetzer.)

Procente der Samen, die im Jahre 1861 keimten, aus den

Jahren	1850,	51,	54,	55,	57,	58,	59,	60
Weizen	0	0	8	4	73	60	84	96
Roggen	0	0	0	0	0	0	48	100
Gerste	0	0	24	0	48	33	92	89
Hafer	60	0	56	48	72	32	80	96
Mais	nicht versucht		76	76	nicht versucht	77	100	97

Resultate vom Gebrauche langaufbewahrter Samen. Die Thatsache, daß alte Samen schwache Pflanzen erzeugen, wird von den Blumenzüchtern benutzt, um neue Varietäten hervorzubringen. Man sagt, während einjährige Samen von Levkoyen einfache Blumen liefern, daß vierjährige Samen meistens gefüllte Blumen geben.

Bei den Melonen zeigt die Erfahrung der Gärtner, daß die Samen, welche mehrere Jahre aufbewahrt sind, selbst bis sieben Jahre, wenn sie auch weniger sicher aufgehen, doch Pflanzen liefern, welche die meisten Früchte bringen, während das Stecken von neuem Samen das Wachsthum der Ranken übermäßig begünstigt.

Unreife Samen. Versuche von Lucanus haben bewiesen, daß Samen, die noch unreif gesammelt wurden, so lange der Kern noch weich und milchig war, oder bei den Cerealien, selbst bevor die Stärke noch gebildet war, wo der Saft des Kerns gleich Wasser erschien — dessen ungeachtet keimfähig waren, besonders wenn man sie in Verbindung mit dem Halm trocknen ließ. Solche unreife Samen haben indessen weit schwächere Keimkraft als die, welche man vollkommen ausreifen läßt. Viele derselben gehen beim Säen nicht auf, und diejenigen, welche es thun, liefern vergleichsweise anfangs schwache Pflanzen und geben in armem Boden schwächere Ernten als wohlausgereifte Samen.

In reichem Boden können indessen die Pflanzen, die von

unreifen Samen herrühren, mit der Zeit so kräftig werden als irgend eine andere. (Lucanus, Vers.-Stat., IV, S. 253.)

Nach Siegert wirkt das Aussäen unreifer Erbsen darauf hin, frühere Varietäten hervorzubringen. Liebig sagt: Der Gärtner weiß, daß die flachen und glänzenden Samen in der Schote der Levkoye große Pflanzen mit einfachen Blüthen geben, während die zusammengeschrumpften Samen niedere Pflanzen mit durchaus gefüllten Blumen liefern.

Verkrüppelte oder leichte Samen. Dr. Müller sowohl als Hellriegel fanden, daß leichte Getreidekörner schneller keimen, aber schwächere Pflanzen liefern, und daß sie nicht so sicher keimen als schwere Körner.

Liebig (Naturgesetze des Landbaues) versichert, „daß die Stärke und die Zahl der Wurzeln und Blätter in dem Keimungsproceß (in Bezug auf die stickstofffreien Bestandtheile) in directem Verhältniß zu der Menge der Stärke in dem Samen" ständen. Ferner, „daß schwache und kränkliche Samen verkümmerte Pflanzen erzeugen", welche wiederum Samen liefern, die in hohem Grade denselben Charakter tragen. Anderwärts bemerkt er im Gegensatze in einer Anmerkung, daß Boussingault beobachtete, daß gesunde Samen, selbst solche, die nur zwei oder drei Milligramm wogen, in einen absolut unfruchtbaren Boden gesäet Pflanzen erzeugten, in welchen alle Organe entwickelt waren, deren Gewicht aber nach Monaten nicht viel mehr betrug als das des ursprünglichen Samens.

Die Pflanzen waren nach allen Richtungen hin verkleinert; sie können dessenungeachtet wachsen und blühen, und selbst Samen tragen, der nur einen fruchtbaren Boden bedarf, um wiederum eine Pflanze von natürlicher Größe zu erzeugen.

Diese Samen können nur sehr klein sein, aber in einen fruchtbaren Boden gebracht geben sie eine Pflanze von normalen Verhältnissen. Wir müssen daraus schließen, daß der

Betrag an Stärke und Kleber ꝛc., mit anderen Worten das Gewicht des Samens, nicht durchaus ein Anzeichen für die Stärke einer Pflanze ist, die daraus hervorgehen mag.

Schubert, dessen Beobachtungen über die Wurzeln landwirthschaftlicher Pflanzen in einem früheren Kapitel (S. 242) angeführt wurden, giebt als Resultat vieler Untersuchungen an, daß die kräftige Entwicklung einer Pflanze viel weniger von der Größe und dem Gewicht ihres Samens abhängt, als von der Tiefe, bis zu welcher er mit Erde bedeckt wird, und von dem Nährstoffvorrath, welchen er in seiner ersten Lebensperiode vorfindet.

„Unbestritten bleibt indessen doch, daß unter gleichen Verhältnissen mit Sicherheit von dem kräftigeren Samen auch die kräftigere Pflanze sich entwickelt; wenn auch im Pflanzenreich die Bedeutung des Individuums in der Vererbung unendlich gegen den Einfluß des Individuums im Thierreich zurücksteht und sich viel weniger geltend macht.“ Der Uebersetzer.

Werth des Samens in Bezug auf seine Dichtigkeit (Gewicht). Aus einer Reihe von Versuchen, die an dem königl. Agr. College in Cirencester im Jahre 1863 bis 1864 von Professor Church gemacht wurden, schließt dieser, daß der Werth des Samens in gewissen Beziehungen zu seinem specifischen Gewichte stehe. (Practice with Science, p. 107. London 1865.) Er fand:

1) Daß der Saatweizen von größter Dichtigkeit den dichtesten (schwersten) Samen erzeuge.

2) Daß der Saatweizen von der größten Dichtigkeit den höchsten Ertrag an geputztem Korn liefere.

3) Daß der Saatweizen von mittlerer Dichtigkeit gewöhnlich die größte Zahl Aehren liefere, daß aber die Aehren ärmer als die von dem dichtesten (schwersten) Saatgut seien.

4) Daß der Saatweizen von mittlerer Dichtigkeit im Allgemeinen die größte Anzahl fruchtbarer Pflanzen liefere.

5) Der Saatweizen, welcher in Wasser untersinkt, aber in einer Flüssigkeit, die ein specifisches Gewicht von 1,247 hat, schwimmt, ist von sehr geringem Werth; er liefert im Durchschnitt nur 34,4 Pfund geputztes Korn für je hundert welche das schwerste Saatgut liefert.

Die specifisch schwersten Körner sind nach Church nicht immer die größten. Die Samen, mit denen er Versuche anstellte, schwankten von 1,354 bis 1,401 im specifischen Gewichte.

Dritte Abtheilung.

Leben der Pflanzen.

Erstes Kapitel.

Keimung.

§ 1.

Einleitung.

Nachdem wir die Zusammensetzung der Pflanzen von ihren letzten Elementen bis zu den näheren organischen Verbindungen verfolgt, und nachdem wir den Bau der einfachen Zelle sowohl, als den Bau der höchst entwickelten Pflanze studirt und, soweit es nöthig, die Merkmale (den Charakter) und die Functionen der verschiedenen Organe erklärt haben, kommen wir zu dem Leben der Pflanze und ihrer Ernährung. Wir sind nun vorbereitet zu untersuchen, wie die Pflanze an Umfang und Gewicht zunimmt, und wie sie Stärke, Zucker, Oel, Albuminate u. s. w. erzeugt, die direct oder indirect beinahe die ganze Nahrung der Thiere ausmachen.

Das Leben des Pflanzenindividuums beginnt in dem Fruchtknoten mit dem Augenblick der Befruchtung durch die Einwirkung einer Pollenröhre auf den Inhalt des Embryosacks (des Fruchtknotens). Jeder Embryo (Eichen), dessen Entwicklung so gesichert, ist eine Pflanze im Kleinen, oder vielmehr ein Organismus, der unter den geeigneten Umständen

fähig ist, sich zu einer Pflanze zu entfalten. Den ersten Proceß der Entwicklung, in welchem die junge Pflanze anfängt ein selbständiges Leben zu offenbaren, und in welchem sie in ihre eigentliche und besondere Form umgestaltet wird, nennt man Keimung.

Der allgemeine Proceß und die Bedingungen des Keimens sind Allen bekannt. In der Landwirthschaft und in der gewöhnlichen Gärtnerei bringen wir den reifen und gesunden Samen etwas unter die Erde, und in der Regel keimt derselbe in wenigen Tagen, vorausgesetzt, daß er einen gewissen Grad von Wärme und Feuchtigkeit vorfindet.

Wir wollen zuerst den Vorgang der Keimung etwas im Einzelnen betrachten und nachher die Bedürfnisse des gekeimten Samens.

§ 2.

Der Vorgang der Keimung.

Für das Studium dürfte es gut sein, den Keimungsact in seinen verschiedenen Stadien, wie er sich in verschiedenen Pflanzenspecies darstellt, sorgfältig zu überwachen. Für diesen Zweck säet man ein Dutzend oder mehr Samen verschiedener Pflanzen, die kleineren einen halben Zoll, die größeren einen Zoll tief in einen Kasten mit Erde oder Sägespänen, die man gehörig warm und feucht hält; ein oder zwei Samen von jeder Art werden in aufeinander folgenden Zwischenräumen von zwölf Stunden herausgenommen und zergliedert, bis der Proceß vollendet ist. In dieser Weise ist es leicht, alle sichtbaren Veränderungen, welche sich beim Lebendigwerden des Embryos ereignen, zu verfolgen. Die Samen von Bohnen, Erbsen, Mais, Buchweizen und Gerste können hierzu gut verwendet werden.

Wir beobachten dabei, daß der Same zuerst eine große Menge Feuchtigkeit aufnimmt und in Folge dessen aufschwillt

und weich wird. Wir sehen dann den Keim sich unterhalb der Samenschale verlängern; bald darauf berstet die Einhüllung und das Würzelchen erscheint; nachher kommt die Keimknospe zum Vorschein.

Bei allen landwirthschaftlichen Pflanzen dringt die Wurzel in den Boden. Die Keimknospe steigt zur Atmosphäre auf, um directes Sonnenlicht zu gewinnen. Das Endosperm, wenn der Same ein solches hat, und in vielen Fällen die Samenlappen (so wie bei der Pferdebohne, Erbse, Mais und Gerste) bleiben auf der Stelle, wo der Same niedergelegt war. In anderen Fällen (wie bei der Gartenbohne, dem Buchweizen, Kürbis, Rettig ꝛc.) steigen die Samenlappen aufwärts und bilden das erste Paar Blätter.

Die aufsteigende Keimknospe entfaltet kurz darauf neue Blätter, und wenn dieselbe von dem Samen einer sich verzweigenden Pflanze herrührt, so kommen Seitenknospen zum Vorschein. Das Würzelchen theilt sich und theilt sich wiederum mit dem Anfang des Auftretens wahrer Wurzeln.

Wenn der Keimling aufhört, seine Nahrung von dem Muttersamen zu nehmen, ist der Proceß beendigt.

§ 3.

Die Bedingungen des Keimens.

Von den Bedingungen für das Keimen haben wir folgende näher zu betrachten:

a. Die Temperatur. Ein gewisser Wärmegrad ist für das Keimen der Saat wesentlich. — Göppert, der mit zahlreichen Samen Versuche anstellte, beobachtete, daß unter 0,6 Grad keiner keimte.

Sachs hat für verschiedene landwirthschaftliche Samen die Wärmegrenzen ermittelt, bei welchen eine Keimung möglich ist. Die niederste Temperatur schwankt von 5° C. bis 12,5°, die höchste von 39° bis 46,6°.

Unter der Minimumtemperatur bewahrt der Same seine Lebenskraft, über dem Maximum wird sie getödtet. Er fand ferner, daß der Punkt, bei dem die rascheste Keimung stattfindet, zwischen den beiden Extremen inne liegt, zwischen 26° und 33°. Eine Erhöhung wie eine Erniedrigung der Temperatur außerhalb dieser Grenzen verlangsamt den Keimungsact.

In der folgenden Tafel sind die besonderen Temperaturen für sechs gewöhnliche Pflanzen angegeben in ° Cels.

	Niederste Temp.	Höchste Temp.	Temperatur der raschesten Keimung
Weizen	5	40	29
Gerste	5	40	29
Erbse	6,9	39	29
Mais	8,8	46	34
Bohne	9,4	44	26
Kürbis	12,2	46	34

Es muß erwähnt werden, daß die Samen der Pflanzen in der obigen Tafel, die in die nördlicheren Breitegrade aus tropischen Gegenden eingeführt wurden, wie der Kürbis, die Bohne und der Mais, eine höhere Temperatur erfordern und ertragen, als die einheimischen Pflanzen der gemäßigten Zonen, wie die Gerste und der Weizen. Die oben gegebenen Extreme sind keineswegs so groß, als wir sie finden würden, wenn wir mit anderen Pflanzen experimentirten. Es ist wahrscheinlich, daß einige Samen beinahe bei 0°, dem Gefrierpunkt des Wassers, keimen, während die Kokosnuß mit größter Sicherheit Keimlinge giebt, wenn die Hitze des Bodens 50° erreicht.

Sachs hat beobachtet, daß die Temperatur, bei welcher die Keimung stattfindet, beträchtlich die relative Entwicklung der Theile beeinflußt und dadurch die Form des Keimpflänzchens. Nach diesem fleißigen Beobachter verlangsamt eine sehr niedrige Temperatur die Production von neuen Würzelchen,

Knospen und Blättern. Die Würzelchen, welche in dem Embryo nur rudimentär sind, werden indessen sehr lang. Andererseits verursacht sehr hohe Temperatur die rasche Bildung neuer Wurzeln und Blätter, selbst bevor die in dem Keim vorhandenen völlig entfaltet sind. Eine mittlere und die am meisten günstigen Temperaturen bringen die Theile des Embryos zuerst zur Entwicklung, und gleichzeitig werden die Anfänge (Rudimente) neuer Organe gebildet, die sich nachher entfalten.

b. Feuchtigkeit. Eine gewisse Menge Feuchtigkeit ist für alles Wachsthum unentbehrlich. Für die Keimung ist es nothwendig, daß der Same so viel Wasser aufnimmt, daß die Bewegung des Inhalts der Keimzellen stattfinden kann. Bis der Same nicht mehr oder weniger mit Wasser durchdrungen ist, nimmt man kein Zeichen des Keimens wahr, und wenn halbgekeimte Samen nicht vor Eintrocknen geschützt sind, wird das Wachsthum wirksam gehindert.

Die Menge von Feuchtigkeit, welche verschiedene Pflanzen erfordern und ertragen, ist außerordentlich verschieden. Die Samen von Wasserpflanzen keimen naturgemäß in Wasser eingetaucht. Die Samen vieler Landpflanzen keimen allerdings unter Wasser, aber sie keimen am gesündesten, wenn sie feucht, aber nicht naß sind. Uebermaß von Wasser verursacht oft die Fäulniß des Samens.

c. Sauerstoff. Freier Sauerstoff, wie er in der Luft enthalten, ist gleichfalls wesentlich. Saussure bewies durch Versuche, daß eine ordentliche Keimung bei seiner Abwesenheit unmöglich ist und in einer Atmosphäre von anderen Gasen nicht fortschreiten kann. Wie wir gleich sehen werden, scheint die chemische Thätigkeit des Sauerstoffs das Mittel zu sein, das Wachsthum des Embryos anzuregen.

d. Licht. Man hat gelehrt, daß Licht der Keimung hinderlich sei und daß daher der Same bedeckt sein müsse.

(Johnston's Lectures on Ag. Chem. and Geology. 2d Eng. Ed., pp. 226—227.) Wenn wir indessen in Erwägung ziehen, daß die Natur die Samen nicht begräbt, sondern auf der Oberfläche des Bodens in Wäldern und Prairien umherstreut, wo sie meistens halbbedeckt und keineswegs vor dem Lichte geschützt sind, können wir einen solchen Lehrsatz nicht annehmen. Die warmen und feuchten Wälder der tropischen Gegenden, welche, wenn auch beschattet, doch keineswegs dunkel sind, findet man bedeckt mit keimenden Samen. Der Gärtner weiß, daß die Samen von Heidepflanzen, der Calceolarien und einiger anderen Zierpflanzen am besten unbedeckt keimen, und die Samen der gemeinen landwirthschaftlichen Pflanzen keimen, wenn sie auf feuchten Sand oder Sägespäne gelegt werden, offenbar mit nicht weniger Bereitwilligkeit, als wenn sie dem Auge entrückt, begraben sind.

Schließlich hat R. Hoffmann (Jahresbericht über Agriculturchemie 1864, S. 110) in Versuchen mit 24 Arten landwirthschaftlicher Samen gefunden, daß das Licht keinen wahrnehmbaren Einfluß auf irgend welche Art von Keimung ausübt.

Die Zeit, welche die Keimung erfordert, schwankt je nach der Art des Samens außerordentlich. Wie man gewöhnlich bemerkt, beginnt der frische Same der Weide innerhalb zwölf Stunden nach dem Fallen auf den Boden zu keimen. Die Samen von Klee, Weizen und anderen Cerealien keimen in drei bis fünf Tagen. Die Früchte der Walnuß, der Fichte und Lärche liegen vier bis sechs Wochen, bevor sie keimen, während, wie man sagt, einige Arten Eschen, Buchen und Ahorn nicht vor Verlauf von 1½ bis 2 Jahren keimen.

Die stärkereichen dünnschaligen Samen keimen am raschesten. Die ölhaltigen Samen keimen im Allgemeinen langsamer, während diejenigen, welche in dicken hornigen Hüllen liegen, die längste Zeit erfordern, um zum Wachsen gebracht zu werden.

Die nothwendige Zeit für die Keimung hängt natürlich auch von der Gunst oder Ungunst der anderen Bedingungen ab. Kälte und Trockenheit hemmen den Proceß, wenn sie ihn nicht ganz und gar verhindern. Samen, die tief in die Erde begraben sind, können Jahre lang ihre Lebensfähigkeit bewahren, ohne sie zu äußern, weil sie entweder zu trocken und zu kalt liegen oder keinen hinreichenden Zutritt von Sauerstoff, der dem Keim den Anstoß zur Keimung giebt, haben.

Um uns mit Schärfe auszudrücken, sollten wir die Zeit von dem Säen des trockenen Samens bis zum Anfang der Keimung, der durch das Sichtbarwerden des Würzelchens sich bemerkbar macht, von der Periode unterscheiden, die verfließt, bis der Proceß vollendet ist, das heißt, bis die Vorräthe des Muttersamens erschöpft sind und die junge Pflanze ganz auf ihre eigenen Hülfsquellen angewiesen ist.

Bei den Versuchen von Haberlandt erschienen bei 5° C. die Würzelchen bei dem Roggen in vier Tagen, bei den anderen Cerealien und dem Klee in fünf bis sieben Tagen.

Die Zuckerrübensamen lagen indessen bei dieser Temperatur 22 Tage, bevor sie zu keimen begannen.

Bei 10° wurde bei den oben angeführten Samen die Zeit ungefähr um die Hälfte abgekürzt, Mais erforderte 11 Tage, Gartenbohnen 8 und Taback 31 Tage bei dieser Temperatur.

Bei 18° begannen die Körner von Klee, Erbsen und Flachs in einem oder zwei Tagen zu keimen; Mais, Bohnen und Zuckerrüben in drei Tagen und Tabak in sechs Tagen.

Die Zeit der Vollendung schwankt mit der Temperatur viel mehr als die des Anfangs. Sie ist zum Beispiel nach Sachs

bei 5 bis 13° für Weizen und Gerste 40 bis 45 Tage,
„ 35 „ 38 „ „ „ „ 10 „ 12 „

Bei einer gegebenen Temperatur vollenden kleinere Samen

die Keimung weit schneller als größere Samen. So ist bei 13 bis 15° der Proceß bei Bohnen in 30 bis 40 Tagen beendigt,

bei Mais	in 30	bis	35	Tagen,
„ Weizen	„ 20	„	25	„
„ Klee	„ 8	„	10	„

Diese Unterschiede rühren einfach von der Thatsache her, daß die kleineren Samen geringere Nährstoffvorräthe für die junge Pflanze haben und desto schneller erschöpft sind.

Die geeignete Tiefe für die Saat. Der Boden ist gewöhnlich für die Pflanze das Medium für die Feuchtigkeit, Wärme 2c., und er berührt die Keimung nur, soweit er das Maß dieser Bedingungen beeinflußt; er ist anderweitig nicht für den Proceß wesentlich. Das Unterbringen der Samen, wenn sie in das Feld oder den Garten gesäet werden, dient nur dazu, sie vor den Vögeln zu verbergen und sie vor Trockenheit zu schützen. In den Wäldern können wir im Frühjahre zahllose Samen auf der Oberfläche oder nur wenig bedeckt mit halbverwesten Blättern keimen sehen.

Während die Erfahrung in gemäßigten Gegenden als beinahe allgemein gültiges Resultat ergiebt, daß die landwirthschaftlichen Samen am sichersten keimen, wenn sie nur in eine Tiefe, die 1 bis 3 Zoll nicht übersteigt, gesäet werden, so giebt es doch Umstände, in welchen eine weit davon abweichende Saattiefe in der Praxis zulässig und wesentlich ist. In sehr leichten, porösen Gartenboden kann man Erbsen ohne Schaden 6 bis 8 Zoll tief säen, indem sie dadurch besser vor dem Raub der Haustauben gesichert werden.

Die Moqui-Indianer, die auf dem Tafelland des höheren Colorado wohnen, bringen die Maiskörner 12 bis 14 Zoll unter die Oberfläche. So gesäet gedeihen die Pflanzen, während sie, wenn sie nach der gewöhnlichen Weise wie in Europa oder Nordamerika behandelt würden, niemals über dem Boden erscheinen würden. Der Grund für ein solches Verfahren liegt

in Folgendem: Die Gegend ist ohne Regen und fast ohne Thau. Im Sommer ist der sandige Boden beständig von der Sonne ausgedörrt durch eine Temperatur, die oft im Schatten 38° übersteigt. Nur in einer Tiefe von 1 Fuß und mehr findet der Same die nöthige Feuchtigkeit zum Gedeihen — Feuchtigkeit, die von dem Schmelzen des Winterschnees geliefert wird *).

R. Hoffmann, der in leichtem, lehmigem Sand mit 24 Arten landwirthschaftlicher Samen und Gemüse Versuche anstellte, fand, daß alle zu Grunde gingen, wenn sie mehr als 12 Zoll begraben waren. Wenn sie 12 Zoll tief gelegt waren, kamen nur Erbsen, Wicken, Bohnen und Mais auf; bei 8 Zoll erschienen noch außer obigen Weizen, Hirse, Hafer, Gerste und Sommerraps; bei 6 Zoll die bereits erwähnten nebst Winterraps, Buchweizen und Zuckerrübensamen; bei 4 Zoll obige und Senf, rother und weißer Klee, Lein, Meerrettig, Hanf und Turnips; endlich bei 3 Zoll erschien auch die Luzerne. Hoffmann bemerkt, daß die tiefgelegten Samen allgemein am schnellsten keimten und daß alle früheren Verschiedenheiten in der Entwicklung vor der Blüthezeit der Pflanzen verschwanden.

Anderseits fand Grouven bei Versuchen mit Zuckerrübensamen, die höchst wahrscheinlich in gut gedüngtem und schwererem Boden gemacht waren, daß die auf ³/₈ bis 1¹/₄ Zoll tief gelegten Samen die frühesten und stärksten Pflanzen gaben; Samen, die 2¹/₂ Zoll tief gelegt waren, erforderten 5 Tage länger, um hervorzukommen, als die auf ³/₈ Zoll gelegten. Es zeigte sich ferner, daß Samen, die flach in einen feinen nassen Thon gesäet waren, 4 bis 5 Tage länger zum Hervorbrechen brauchten als solche, die in gleiche Tiefe in gewöhnlichen Boden gelegt waren.

Nicht allein der Charakter des Bodens, welcher das

*) Diese interessante Thatsache verdankt der Schreiber Herrn Prof. J. S. Newberry.

Maß der Luft und Wärme beeinflußt, auch die Witterungsverhältnisse, welche beides, die Temperatur und das Maß der Feuchtigkeit, bestimmen, machen ihren Einfluß auf die Zeit der Keimung geltend, und da diese Bedingungen so sehr wechselnd sind, so müssen wir den Regeln, welche von der Praxis gegeben werden, einen gewissen Spielraum gewähren.

§ 4.

Die chemische Physiologie der Keimung.

Die Ernährung des Keimpflänzchens. Die junge Pflanze wächst zuerst ausschließlich auf Kosten des Samens. Sie kann passend mit dem säugenden Thiere verglichen werden, welches neugeboren unfähig ist, sich selbst seine Nahrung zu verschaffen und von der Milch seiner Mutter abhängt.

Die Ernährung des Keimpflänzchens besteht in drei Processen; obgleich verschieden in der Art, gehen sie doch gleichzeitig nebeneinander vor. Diese sind: 1) Lösung der nährenden Substanzen der Kotyledonen oder des Endosperms, 2) Ueberführung und 3) Assimilation derselben.

1) Der Vorgang der Lösung hat bei dem Dextrin, Gummi, den Zuckerarten, Eiweiß und Caseïn keine Schwierigkeit. Das Wasser, welches der Same bis zu einer Menge von $^1/_4$ bis $^5/_4$ seines Gewichtes aufsaugt, löst dieselben sofort.

Anders verhält es sich mit den Fetten oder Oelen, mit der Stärke und dem Kleber, die als solche beinahe oder ganz unlöslich im Wasser sind. Bei dem Keimungsact ist Vorsorge getroffen, diese eben erwähnten Körper löslich zu machen.

Soweit man diese Vorgänge untersucht hat, bestehen sie aus folgenden:

Lösung der Fette. Sachs hat neuerdings gefunden, daß Kürbiskerne, die, wenn sie reif sind, keine Stärke, Zucker oder Dextrin enthalten, aber sehr reich an Oel (50 Proc.) und

Albuminaten (40 Proc.) sind, bei der Keimung folgende chemische Veränderungen erleiden: Das Oel vermindert sich rasch an Menge ($^9/_{10}$ verschwinden), während gleichzeitig Stärke und in manchen Fällen Zucker gebildet wird. (Vers.-St. III, p. 1.) (Knop bezweifelt diesen Vorgang.)

Lösung der Stärke. Die Stärke, die so aus dem Fette oder dem Oel der Samen gebildet wird oder die bereits fertig gebildet in den mehligen Samen vorkommt, unterliegt weiteren Veränderungen, welche früher schon erwähnt wurden (S. 78), wobei sie zu in Wasser löslichen Substanzen, wie Dextrin, Trauben- oder Rohrzucker, umgewandelt wird.

Lösung der Albuminate. Endlich werden die unlöslichen Albuminate in lösliche Modificationen umgewandelt.

Chemie des Malzes. Die Bereitung und die Eigenschaften des Malzes können dazu dienen, einen Einblick in die Natur der chemischen Metamorphosen, die eben angedeutet wurden, zu geben.

Die Bereitung geschieht in folgender Weise: Gerste oder Weizen (manchmal Roggen) werden in Wasser eingeweicht, bis die Körner sich weich anfühlen; dann läßt man das Wasser ablaufen und wirft sie in Haufen. Die Massen der eingeweichten Frucht werden in kurzer Zeit trocken, sie erhitzen sich, und in wenigen Tagen sendet der Embryo seine Würzelchen aus. Die Haufen werden durcheinander geschaufelt und auseinander gebreitet, um ein zu hohes Steigen der Temperatur zu vermeiden, und wenn die Keime ungefähr einen halben Zoll oder etwas mehr lang sind, wird die Keimung durch Trocknen zum Stillstand gebracht. Die trockene Masse ist nach Entfernung der Keime Malz, wie es in der Brauerei zu Bier verwendet wird.

Die folgenden Zahlen, die aus Untersuchungen von Stein in Dresden (Wilde's Centralblatt 1860, 2, S. 8 bis 23) genommen sind, geben die Zusammensetzung von 100 Theilen

Gerste, von den 92 Theilen Malz und den 2½ Theilen Malzkeimen, welche 100 Theile Gerste liefern *).

Zusammensetzung von:	100 Th. Gerste. =	92 Th. Malz. +	2½ Th. Keime.
Asche	2,42	2,11	0,29
Stärke	54,48	47,43	0,00
Fett	3,56	2,09	0,08
Unlösliches Albumin	11,02	9,02	0,37
Lösliches "	1,26	1,96	0,40
Dextrin	6,50	6,95	0,47
Extractivstoffe, löslich in Wasser und stickstofffrei	0,90	3,68	
Cellulose	19,86	18,76	0,89
	100	92	2,5.

Man sieht aus obiger Zusammenstellung, daß Stärke, Fett und die unlöslichen Albuminate sich in dem Malzungsproceß vermindert haben, während die löslichen Albuminate, Dextrin und andre stickstofffreie Körper sich etwas an Menge vermehrt haben. Mit Ausnahme von 3 Proc. löslicher „Extractivstoffe" **) sind die Unterschiede in der Zusammensetzung zwischen Gerste und Malz nicht sehr beträchtlich.

Die Eigenschaften dieser beiden sind indessen auffallend verschieden. Wenn Malz geschroten wird und mit warmem Wasser von 68° C. ein oder zwei Stunden in Berührung bleibt,

---

*) Die Analysen beziehen sich auf das Material in trockenem Zustande. Gewöhnlich enthält es 10 bis 18 Proc. Wasser. Es muß bemerkt werden, daß das Verhältniß von Malz und Malzkeimen, wie auch ihre Zusammensetzung etwas schwanken, je nach Umständen, und dann, daß die möglichst beste Analyse nur annähernd richtig gemacht werden kann.

**) Mit «Extractivstoffe» bezeichnet man die löslichen Substanzen, deren bestimmte Natur man nicht kennt. Sie bilden eine Mischung die der Chemiker nicht weiter zu trennen vermag.

verschwindet alle Stärke, und Zucker und Dextrin treten an die Stelle. Den Zucker erkennt man an dem süßen Geschmack der Würze, wie die Lösung genannt wird. Beim Erhitzen der Würze zum Kochen gerinnt ein Theil des Albumins und kann durch Abfiltriren von der Würze getrennt werden. Dieses kommt zum Theil von der Umwandlung der unlöslichen Albuminate der Gerste her. Fügt man zu der filtrirten Flüssigkeit das gleiche Gewicht Alkohol, so zeigt sich das Dextrin, indem es als ein weißes Pulver niedergeschlagen wird.

Mischen wir ferner 2 bis 3 Theile Stärke mit 1 Theil Malz, so finden wir, daß das Ganze derselben Umwandlung unterliegt. Eine weiter hinzugefügte Menge Stärke bleibt unverändert.

Der Keimungsproceß entwickelt in dem Samen ein wirksames Princip (oder einen Zustand), durch welchen die Umwandlung der Stärke in lösliche Kohlenhydrate mit großer Schnelligkeit vor sich geht.

Diastase. Payen und Persoz schreiben diese Wirkung einer stickstoffhaltigen Substanz zu, die sie Diastase nennen, die sich in den keimenden Samen in der Nähe des Embryos, aber nicht in den Würzelchen findet. Sie behaupten, daß ein Theil Diastase fähig ist, 2000 Theile Stärke erst in Dextrin und endlich in Zucker umzuwandeln, und daß Malz $^1/_{500}$ Theil seines Gewichts dieser Substanz enthält.

Kurze Zeit vor den Untersuchungen von Payen und Persoz (1833) fand Saussure, daß Mucidin*), der lösliche Körper, der aus dem Kleber ausgezogen werden kann (S. 101), Stärke in gleicher Weise wie oben beschrieben um-

---

*) Saussure bezeichnete diesen Körper mit Mucin; da aber dieser Ausdruck für den charakteristischen Bestandtheil des thierischen Nasenschleims gebraucht wird, so ersetzte ihn Ritthausen mit Mucidin.

wandelt, und man weiß jetzt, daß jedes Albuminat im Stande ist, dieselbe Wirkung auszuüben, wenn auch die Schnelligkeit der Wirkung und der Umfang derselben gewöhnlich viel weniger beträgt, als bei der sogenannten Diastase.

Damit aber die Albuminate Stärke wie oben beschrieben umzuwandeln vermögen, ist es unzweifelhaft nothwendig, daß sie vorher selbst in einen Zustand der Umwandlung eingetreten sein müssen; sie sind theilweise zersetzt (oder in Zersetzung begriffen) und verschwinden dann in dem Proceß.

Diese so veränderten Körper werden Fermente genannt.

Es muß indessen nicht vergessen werden, daß in allen Fällen, wo eine Umwandlung von Stärke in Dextrin und Zucker künstlich stattfindet, eine erhöhte Temperatur erforderlich ist, während in dem natürlichen Proceß, wie er bei der Keimung des Samens sich zeigt, die Umwandlung bei gewöhnlicher oder selbst niedrigerer Temperatur vor sich geht.

Es wird allgemein gelehrt, daß der Sauerstoff, wenn er in Gegenwart von Wasser und innerhalb gewisser Temperaturgrenzen auf Albuminat einwirkt, die Zersetzung einleitet, welche diesem die besprochene Kraft verleihet.

Die Mitwirkung des Sauerstoffs in dem Keimungsact wird zur Lösung der Stärke ꝛc. in den Kotyledonen für nöthig erachtet.

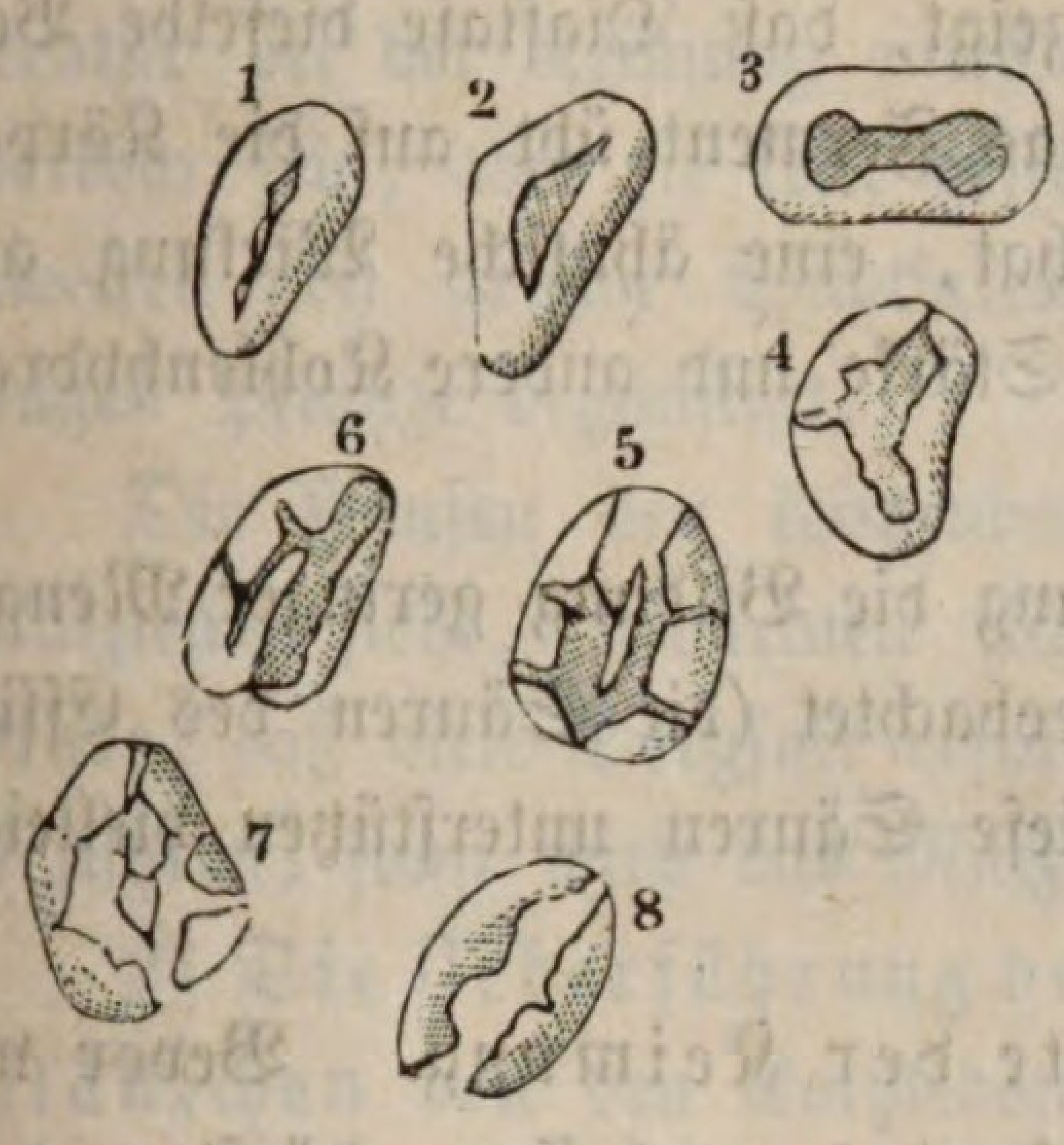
Dies kann im Anfang richtig sein, aber wie wir gleich sehen werden, ist die Wirkung des Sauerstoffs wahrscheinlich von anderer Art.

Wie Diastase oder ähnliche Substanzen die besprochenen Umwandlungen bewirken, ist mit Bestimmtheit nicht bekannt.

Lösliche Stärke. Die Lösung der Stärke durch Umwandlung derselben in Zucker und Dextrin ist in diesem Sinne erklärt. Dieses ist indessen nicht die einzige Veränderung, welcher die Stärke unterliegen kann. In der Bohne (Phaseolus

multiflorus), berichtet uns Sachs (Sitzungsberichte der Wiener Akademie. XXXVII, 57), geht die Stärke der Kotyledonen in gelöstem Zustande in das Keimpflänzchen über und erscheint als Stärke (theilweise wenigstens) wieder, ohne eine Umwandlung in Dextrin und Zucker erlitten zu haben, indem diese Substanzen während gar keiner Periode der Keimung in den Kotyledonen auftreten, ausgenommen in geringer Menge in der Nähe der Verbindungsstelle mit dem Keimpflänzchen. (Vergleiche S. 64. Unorganisirte Stärke.) Derselbe Berichterstatter giebt folgende Beschreibung der Veränderungen, welche er bei den Stärkekörnern, während sie in Lösung übergingen, beobachtete:

Fig. 65.



Die Stärkekörner der Bohne haben im Innern eine enge Aushöhlung, wie man man sie auf Fig. 65, 1 sieht. Diese füllt sich zuerst mit einer Flüssigkeit an. Zunächst erscheint die Höhlung vergrößert (2), ihre Grenzen nehmen ein zerfressenes Aussehen an (3, 4) und häufig sieht man Kanäle sich bis an die Oberfläche ausbreiten (4, 5, 6). Endlich wird die Aushöhlung so groß, daß die Stärke in Stücke fällt. Die Lösung dauert bei den einzelnen Stücken fort, bis sie vollständig verschwunden sind. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Stärke in diesem Processe die flüssige Form ohne Verlust ihrer besondern chemischen Merkmale annimmt, obgleich sie aufhört eine blaue Farbe mit Jod zu zeigen*).

*) Nach Liebig beruht die blaue Farbe auf dem Anhaften des Jods auf der Stärke und ist nicht das Resultat einer chemischen Verbindung.

Lösliche Albuminate. Wir wir (S. 104) gesehen haben, geht unlösliches Fibrin und Caseïn, bei längerem Aufbewahren bei gehindertem Luftzutritt, in lösliche Körper über, und später hat Mulder gezeigt, daß Diastase dieselbe Veränderung rasch bewirkt. Das Ferment übt auf die Körper, aus denen es sich gebildet hat, eine ähnliche Wirkung aus wie die, welche es gegen die Stärke und andere Kohlenhydrate offenbart.

Man hat bei der Keimung die Bildung geringer Mengen Essigsäure und Milchsäure beobachtet (die Säuren des Essigs und der sauren Milch). Diese Säuren unterstützen vielleicht die Lösung der Albuminate.

Gasförmige Producte der Keimung. Bevor wir diesen Theil unseres Gegenstandes verlassen, dürften noch einige andere Resultate der Keimung erwähnenswerth sein, welche, wie man glaubt, zu dem Lösungsproceß gehören.

Betrachten wir die Tafel mit der Zusammensetzung des Malzes, so finden wir, daß 100 Theile trockene Gerste $2\frac{1}{2}$ Theile Keime liefern und $5\frac{1}{2}$ Theile verschwunden sind. $1\frac{1}{2}$ Theile des Getreides werden bei der Malzung durch das Wasser, in welche es eingeweicht ist, aufgelöst. Die zurückbleibenden 4 Theile sind in Form von Gas in die Atmosphäre entwichen.

Von den Elementen, die Gasform annehmen, ist der Kohlenstoff der vorwiegende Theil. Er verbindet sich mit dem Sauerstoff der Atmosphäre (theilweise, nach Oedemans, mit dem Sauerstoff des Samens) und bildet Kohlensäure (CO_2). Wasserstoff wird ebenfalls ausgeschieden, theils in Verbindung mit Sauerstoff als Wasser (H_2O), theilweise auch in freiem Zustande. Freier Stickstoff erscheint in beträchtlicher Menge (Schulz, Journ. für prakt. Chem., 87, S. 163), während nur Spuren von Wasserstoff und Stickstoff verbunden in Gasform als Ammoniak (NH_3) auftreten.

Bei der Keimung entwickelte Wärme. Diese chemischen Veränderungen sind wie alle Oxydationsprocesse mit Erzeugung von Wärme verbunden. Die Erhöhung der Temperatur bei der Keimung eines einzelnen Samens mag unbemerkbar sein, aber sie tritt dessenungeachtet ein und ist ohne Zweifel von großer Wichtigkeit, indem sie das Leben der jungen Pflanze begünstigt.

Die Haufen der keimenden Gerste, die man auf der Malztenne sieht, erwärmen sich so rasch und in so hohem Grade, daß viele Sorgfalt erforderlich ist, den Proceß richtig zu führen, sonst wird das Malz durch Ueberhitzung beschädigt.

2) Die Ueberführung der Nahrung zu dem Keimpflänzchen von den Kotyledonen oder dem Endosperm, wo sie der Lösung unterlegen ist, findet vermittelst des Wassers, welches der Same anfangs so reichlich aufgesogen, statt. Dieses Wasser füllt die Zellen der Samen, und indem es deren Inhalt löst, führt es ihn so rasch in die junge Pflanze, als sie ihn erfordert. Der Weg ihres Uebergangs geht durch die Stelle, wo der Embryo an den Kotyledonen befestigt ist; von da aus wird die gelöste Nahrung zuerst vorzugsweise abwärts in die wachsenden Würzelchen vertheilt, ein klein wenig später nach beiden Seiten, aufwärts und abwärts, den Extremitäten der Keimpflanze zugeführt.

Sachs hat beobachtet, daß die Kohlenhydrate (Zucker und Dextrin) das Parenchym, die Rinde und das Mark, welche von zahlreichen Luftcanälen durchdrungen werden, erfüllen, während die Albuminate anfänglich vorzugsweise durch das dazwischen liegende Cambium diffundiren, welches frei von Luftgängen ist, und in größter Menge an den äußeren Enden der Wurzelfasern und der Keimknospe sich vorfinden.

In einem anderen Kapitel werden wir die Erscheinungen und physikalischen Gesetze, welche die Diffusion der Flüssigkeiten ineinander und durch Membrane, die denen ähnlich sind,

welche die Zellwände der Pflanzen bilden, beherrschen, ausführlicher besprechen. Wir werden dort Gelegenheit haben, uns einen Begriff von den Ursachen zu bilden, welche den Uebergang des Samenmaterials in die junge Pflanze anregen und erhalten.

3) Assimilation ist die Umwandlung der übergeführten Pflanzennährstoffe in die Substanz der Pflanze selbst. Dieser Proceß schließt zwei Stadien in sich; das erste ist eine chemische, das zweite eine körperliche Umformung.

Bei dem Assimilationsproceß gehen noch viele andere und mehr verwickelte Veränderungen vor sich. In Bezug auf einige wenige derselben haben wir nur sehr unvollkommene Kenntnisse.

Dr. Sachs berichtet uns, daß, wenn der Embryo zu wachsen beginnt, die Ausbreitung zuerst in einer Vergrößerung der bereits gebildeten vorhandenen Zellen besteht. Bei der Verlängerung eines Theils der Zellen verschwindet die Stärke, welche sie enthielten (oder die in dem anfänglichen Stadium der Ausdehnung gebildet war), und man findet statt deren in den Säften der Zellen Zucker gelöst.

Wenn das Organ seine volle Größe erreicht hat, ist kein Zucker mehr zu entdecken; dafür findet man, daß die Zellwände sowohl an Umfang als in die Dicke gewachsen sind und so die Anhäufung von Cellulose anzeigen.

Sauerstoff ist zur Assimilation nothwendig. Traube hat einige Versuche gemacht, welche unwiderleglich zu beweisen scheinen, daß der Assimilationsproceß freien Sauerstoff in seiner Umgebung erfordert, der durch die wachsenden Theile des Keims absorbirt wird. Dieser Beobachter fand, daß frischgekeimte Erbsenkeimpflänzchen in normaler Weise fortfahren sich zu entwickeln, wenn die Kotyledonen, die Würzelchen und der untere Theil des Stengels dem Einfluß des Sauerstoffs durch einen Anstrich von Firniß oder Oel

entzogen waren. Dagegen hört das Keimpflänzchen auf zu wachsen, welkt und stirbt ab, wenn die Spitze der Keimknospe auf die Länge eines Zolls durch mit Kalk verdicktes Oel überzogen war, oder wenn durch irgend ein Mittel dieser Theil der Pflanze der Berührung mit freiem Sauerstoff entzogen war. Traube beobachtete die Verlängerung des Stengels durch folgendes Auskunftsmittel.

Eine junge Erbsenpflanze wurde mit den Kotyledonen an einen Maßstab befestigt, der Stengel und der Maßstab waren beide durch sehr feine Kreuzlinien graduirt, die in gleichen Zwischenräumen eingetheilt waren, welche man mit Hülfe eines in eine Mischung von Oel und Indigo getauchten Pinsels gezogen hatte. Das Wachsthum des Stengels zeigte sich nun durch die Erweiterung der Räume zwischen den Linien, und durch Vergleichung mit denen auf dem Maßstab beobachtete Traube, daß kein Wachsthum auf eine Entfernung von mehr wie 10 bis 12 Linien von der Basis der Terminalknospe stattfand.

Hier ist also ein Zusammentreffen, welches zu zeigen scheint, daß freier Sauerstoff Zutritt zu einem wachsenden Theile der Pflanze haben muß. Diese Thatsache wird ferner durch das Firnissen einer Seite der jungen Erbsenpflanze bewiesen. Die gefirnißte Seite hört auf sich auszudehnen, der unüberzogene Theil fährt fort sich zu vergrößern. Dieser Vorgang machte sich durch eine Krümmung des Stengels bemerklich.

Traube deutet noch an, in welcher Weise für die Heranbildung der Cellulose aus Zucker die Mitwirkung des Sauerstoffs und die Ausscheidung von Kohlensäure erforderlich ist, wie dies durch die beigefügte Gleichung ausgedrückt ist.

Glucose Sauerstoff Kohlensäure Wasser

$$2\,(C_{12}H_{24}O_{12}) + 24\,O = 12\,(CO_2) + 14\,(H_2\,O) + C_{12}H_{20}\,O_{10}$$

Wenn der Keimungsact beendigt ist, welches stattfindet, sobald die Kotyledonen und das Endosperm an allen ihren

löslichen Substanzen erschöpft sind, beginnt die Pflanze ein völlig unabhängiges Leben. Bevor sie jedoch auf ihre eigenen Hülfsmittel angewiesen wird, hat sie alle Organe, die sie zum Sammeln der Nahrung von außen nöthig hat, entwickelt. Sie hat ihre fertigen Blätter in der Luft entfaltet und einen Theil des Bodens mit ihren Wurzelfasern durchdrungen.

Während der späteren Stadien der Keimung sammelt sie ihre Nahrung sowohl von dem Muttersamen wie von äußeren Quellen, welche später ausschließlich für ihren Unterhalt dienen. Da sie mit allen Apparaten zur Ernährung hinreichend versehen ist, erleidet die Entwicklung durch die Erschöpfung des Muttersamens keinen Stillstand, wenn sie nicht etwa in unfruchtbarem Boden oder unter anderen dem Pflanzenleben ungünstigen Bedingungen gekeimt hat.

Zweites Kapitel.

§ 1.

Die Nahrung der Pflanze, wenn unabhängig von dem Samen.

Dieser Gegenstand wird an dieser Stelle nur in den kürzesten Umrissen skizzirt werden. Ihn vollständig darzustellen, würde ein Eingehen in die ausführliche Betrachtung der Atmosphäre und des Bodens und deren Beziehungen zur Pflanze nothwendig machen; die Beziehungen des Bodens sind besonders sehr zahlreich und verwickelt. Ein besonderer Band wird deshalb erfordert, um diese Gegenstände angemessen zu behandeln.

Die Wurzeln der Pflanze, welche in inniger Berührung mit dem Boden sich befinden, absorbiren von diesem das Wasser, welches die thätigen Zellen füllt; sie ziehen auch die

Salze, welche das Bodenwasser in Lösung hält, ein. Sie wirken ferner direct auf den Boden ein und lösen Substanzen, welche auf diese Weise erst ihnen zugänglich gemacht werden. Die Verbindungen, welche die Pflanze von dem Boden erhalten muß, sind die, welche man in der Asche findet, da diese nicht flüchtig sind und deshalb in der Luft nicht vorkommen können. Die Wurzel nimmt indessen gewöhnlich einige andere Nahrungselemente auf, zu welchen sie unmittelbaren Zutritt hat. Schließen wir für den Augenblick von unserer Betrachtung diejenigen Substanzen, die zwar in der Pflanze gefunden werden, aber unwesentlich für ihr Gedeihen zu sein scheinen, wie Kieselsäure, Natron und Mangan, aus, so absorbiren die Wurzeln folgende Substanzen:

Sulphate		Kali,
Phosphate	von	Kalk,
Nitrate		Magnesia,
Chlorate		Eisen.

Diese Salze treten durch die absorbirende Oberfläche der jungen Wurzelfasern in die Pflanze ein und steigen durch den thätigen Theil des Stengels zu den Blättern und neugebildeten Knospen aufwärts.

Die Blätter, welche in der Luft entfaltet sind, sammeln aus ihr die Kohlensäure. Diese Verbindung erleidet in der Pflanze eine Zersetzung; ihr Kohlenstoff bleibt hier zurück, ihr Sauerstoff oder sehr nahe eine äquivalente Menge wird wiederum in die Luft ausgestoßen.

Die Zersetzung von Kohlensäure findet nur bei Tag und unter dem Einfluß des Sonnenlichtes statt.

Aus dem so erlangten Kohlenstoff und den Elementen von Wasser, unter Mitwirkung der Aschenbestandtheile, organisirt die Pflanze die Kohlenhydrate. Wahrscheinlich sind Glucose, vielleicht Dextrin oder lösliche Stärke die ersten Producte dieser Neugruppirung der Elemente. Die Bildung der Kohlen-

hydrate scheint in den Chlorophyllzellen der Blätter vor sich zu gehen.

Die Albuminate erfordern zu ihrer Erzeugung die Gegenwart einer Stickstoffverbindung. Die Salze der Salpetersäure (Nitrate) sind gewöhnlich die Hauptquelle, manchmal die einzige für dieses Element.

Die anderen näheren Bestandtheile, wie Pectose, die Fette, die Alkaloide und Säuren, werden aus denselben Nährelementen aufgebaut, ohne daß wir ihre Bildungsweise näher kennen.

Die Kohlenhydrate, Albuminate &c., die in den Blättern organisirt werden, werden nicht bloß in feste Cellulose der Blätter umgewandelt, sondern sie steigen auch herab und vertheilen sich in jedem thätigen Organe der Pflanze.

Die Pflanze hat innerhalb einer gewissen Grenze ein Wahlvermögen für Nährstoffe. Die Seegewächse, wie bemerkt wurde, enthalten mehr Kali als Natron, obgleich das letztere 30mal reicher wie das erstere im Meerwasser vorkommt. Die Pflanzen können indessen weder den Ueberschuß der Nährstoffe, noch die Körper, die für sie ohne Nutzen oder gar schädlich sind, ganz ausschließen.

Die Functionen der Atmosphäre bleiben für die Pflanzen, ob sie bei Wassercultur gezogen werden oder unter gewöhnlichen Verhältnissen im Boden wachsen, wesentlich dieselben.

Der Boden hat anderseitig Aufgaben, die ihm eigenthümlich sind. Wir haben gesehen, daß die Wurzeln der Pflanzen die Fähigkeit haben, Salze zu zersetzen, z. B. salpetersaures Kali und Chlorammonium (S. 170), um sich einen ihrer Bestandtheile anzueignen und den anderen zu verwerfen. Bei der Wassercultur muß der Versuchsansteller Sorge tragen, diese Substanzen, welche sich sonst zum Verderben der Pflanzen anhäufen würden, zu entfernen oder unschädlich zu machen. In der Bodencultur macht die Erde durch ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften solche zurückgelassene oder abge-

schiedene Substanzen vergleichsweise unlöslich und dadurch unschädlich.

Die Atmosphäre ist in ihrer Zusammensetzung zu allen Zeiten und über allen Theilen der Erdoberfläche beinahe unveränderlich. Ihre directe Nährfähigkeit für die Pflanzen hat deshalb eine natürliche Grenze, welche durch die Kunst nicht vermehrt werden kann und solches auch nicht bedarf.

Der Boden dagegen ist in seiner Zusammensetzung und seiner Qualität sehr verschieden, er kann bereichert und verbessert, oder verschlechtert und erschöpft werden.

Aus der Atmosphäre können die Pflanzen keine wahrnehmbaren Mengen der Elemente, die in der Asche gefunden werden, empfangen. In dem Boden dagegen können sich aus Rückständen von Pflanzen und Thieren große Vorräthe aller Elemente der flüchtigen Theile der Pflanzen anhäufen. Kohlenstoff in der Form von Kohlensäure direct, und indirect in der Form von Humus, kann der Pflanze als Nahrung zur Disposition stehen. Der Stickstoff wird den Pflanzen hauptsächlich vom Boden geliefert.

In dem Boden werden aus verschiedenen Quellen Nitrate gebildet, und Ammoniaksalze, zusammen mit gewissen anderen thierischen Auswurfsstoffen, wie Harnstoff, Guanin, Tyrosin, Harnsäure und Hippursäure, dienen gleichfalls, um den Pflanzen Stickstoff zu liefern, und sind Bestandtheile vieler Düngestoffe.

Von dem Boden endlich erhält die Pflanze alles Wasser, welches sie braucht. Das Wasser dient den Pflanzen nicht nur als vermittelndes Glied für ihre Metamorphosen an Form und Zusammensetzung, sondern es muß auch als das Material betrachtet werden, aus welchem die Bestandtheile der Pflanzen hauptsächlich den ihnen nöthigen Wasserstoff und Sauerstoff ziehen.

§ 2.

Die Säfte der Pflanzen, ihre Natur und Bewegungen.

Ueber die Natur und die Bewegung des Saftes sind sehr falsche Anschauungen verbreitet. Man lehrt gewöhnlich, daß zwei regelmäßige und entgegengesetzte Saftströme in der Pflanze circuliren. Man sagt, daß der „rohe Saft“ von dem Boden durch die Wurzeln aufgenommen werde und durch die Gefäße des Holzes zu den Blättern aufsteige, daß er hier durch Verdunstung concentrirt und durch die Processe, die in den Blättern vor sich gehen, umgebildet würde und dann in den Gefäßen der inneren Rinde, indem er die Gewebe derselben ernährt, seinen Weg abwärts nehme. Die Thatsachen, auf welche die Theorie der Saftbewegung begründet wurde, erlauben sämmtlich eine sehr verschiedene Auslegung, weil zahlreiche zu berücksichtigende Umstände die wesentliche Unrichtigkeit dieser Theorie selbst beweisen.

Das Strömen des Saftes in den Pflanzen ist nicht constant oder nothwendig. Wir sprechen hier von dem Strömen des Saftes als einem raschen Strome, der ununterbrochen durch die Pflanze fließt, wie das Blut in den Arterien und Venen der Thiere circulirt. Dies ist eine irrige Auffassung.

Bei einem Ahornbaum, der früh im März, ohne Blätter, seinen Stamm in eine fast undurchdringliche Rinde gehüllt, seine Knospen in hornige Schuppen eingeschlagen und die Wurzeln mit kaltem und gefrorenem Boden umgeben hat, kann man nicht annehmen, daß sein Saft in Bewegung ist. Seine Säfte müssen beinahe oder ganz in Ruhe sein, und wenn der Saft reichlich aus einer künstlich gemachten Oeffnung des Stammes fließt, so geschieht dies einfach, weil die Gewebe unter Druck, mit Wasser beladen sind, welches aus

jedem Auslaß, der für dasselbe geöffnet wird, ausfließt. Der Saft befindet sich in Ruhe, bis die Bewegung durch eine Durchlöcherung oder Durchschneidung der Rinde und des jungen Holzes veranlaßt wird. So wird, wenn eine jungbelaubte Pflanze in einer Atmosphäre, die mit Feuchtigkeit beladen ist, steht, wie dies an regnerischen Tagen der Fall ist, nur wenig Bewegung in ihren Säften sein, wenn auch durch eine Verwundung eine Bewegung bewerkstelligt wird und das Wasser mehr oder weniger von allen Theilen der Pflanze gegen den Schnitt hin strömt.

Der Saft bewegt sich, wenn eine Wasserverdunstung von der Oberfläche der Blätter stattfindet. Dies geschieht immer, wenn die Luft nicht mit Wasserdampf gesättigt ist. So wie ein aufhängtes nasses Tuch durch Abgeben seiner Feuchtigkeit an die Luft rasch trocknet, so verlieren auch die Blätter der Pflanze mehr oder weniger rasch ihr Wasser, je nach der Natur der Blätter.

Mr. Lawes fand, daß in dem feuchten Klima von England gemeine Pflanzen (Weizen, Gerste, Bohnen, Erbsen und Klee) während eines fünfmonatlichen Wachsthums mehr als das 200fache Gewicht ihrer Trockensubstanz an Wasser verdunsten. Das so durch die Blätter verdunstete Wasser wird von dem Boden geliefert, und indem es in die Wurzeln eintritt, strömt es durch den Stamm rasch aufwärts, so lange ein Verlust ersetzt werden muß, aber es hört zu strömen auf, sobald die Verdunstung der Blätter gehindert ist.

Das Aufströmen des Saftes ist daher zu einem großen Theile unabhängig von den Lebensprocessen und vergleichsweise unwesentlich für das Wohlbefinden der Pflanze an und für sich.

Das Fließen des Saftes aus der Pflanze (das „Bluten"). Es ist eine allgemein bekannte Thatsache, daß von angebohrten Ahornbäumen, auch Birken oder von frisch-

abgeschnittenen Weinreben im Frühjahre ein reichlicher Ausfluß von Saft stattfindet, welcher einige Wochen andauert.

Das Ausfließen des Saftes von Weinreben wird gewöhnlich „Bluten" oder „Thränen" genannt. Während nun das hier so rasche Ausfließen des Saftes sich nur in verhältnißmäßig wenigen Fällen so auffallend darthut, so erscheint doch das Bluten als eine ganz allgemeine Erscheinung, eine Erscheinung, die wenigstens bis zu einem gewissen Grade unter bestimmten Umständen sich bei jeder Pflanze ereignet.

Die Bedingungen, unter denen der Saft fließt, sind verschieden, je nach dem Charakter der Pflanze. Unsere perennirenden Bäume haben ihre jährliche Wachsthumsperiode in der warmen Jahreszeit, und ihre Lebensfunctionen sind während des kalten Wetters beinahe ganz unterdrückt. Sobald das Frühjahr herannaht, erneuert sich das Wachsthum, und der erste Beweis der Veränderung innerhalb wird durch das Bluten geliefert, wenn eine Oeffnung durch die Rinde in das innere junge Holz gemacht wird.

Ein Ahornbaum, der zur Zuckerbereitung angezapft ist, verliert nichts, bis die Frühjahrswärme eine gewisse Höhe erreicht hat, und dann fängt der Fluß aus der Wunde des Stammes an. Der Ausfluß ist nicht gleichförmig, sondern schwankt mit der Temperatur, er ist reichlicher, wenn das Wetter warm ist, und fällt ab oder hört völlig auf, wenn es kälter wird.

Der Stamm des lebenden Ahorns ist immer mit Wasser beladen und niemals mehr wie im Winter *). Dieses Wasser

*) Versuche, die in Tharand unter Leitung von Stöckhard gemacht wurden, zeigten, daß das Verhältniß des Wassers in der Rinde sowohl wie in dem Holz des Baumes in den verschiedenen Jahreszeiten beträchtlich schwankt; in der Buche von 35 bis 49 Procent des frischgefällten Baumes. Die größte Menge Wasser wurde im December und Januar im Holz gefunden; in der Rinde im März und Mai.

ist entweder durch die bereits (S. 248) erwähnte Kraft der Wurzeln in die Pflanze gepreßt, oder es ist in dem Stamme selbst erzeugt.

Das in der kalten Jahreszeit in dem Stamm befindliche Wasser ist ohne Zweifel das im Herbste aus dem Boden heraufgehobene. Das Wasser, welches zuerst aus einem Bohrloche im März ausfließt, mag einfach das im Stamm aufgespeicherte Wasser sein; da aber das Fließen des Saftes 14 bis 20 Tage im Betrag von mehreren Gallonen per Tag von einem einzigen Baum andauert, so müssen andauernd neue Mengen wieder zugeführt werden. Daß diese von den Wurzeln eingesogen werden, scheint auf den ersten Blick schwer zu verstehen, weil, wie wir (S. 250) gesehen haben, die Kraft der Wurzeln durch eine bestimmte niedere Temperatur wirkungslos gemacht wird, und weil der Saft oft zu fließen anfängt, wenn der Boden noch mit ein oder zwei Fuß Schnee bedeckt ist, wobei wir alsdann nicht annehmen können, daß der Boden eine höhere Temperatur hat als während der vorhergehenden Wintermonate. Dessenungeachtet müssen die tieferen Wurzeln Wärme genug finden, um während des ganzen Winters thätig zu sein und um ihre Thätigkeit zu beginnen, sobald der Stamm eine hinreichende Temperatur erlangt hat, um die Bewegung des Wassers in demselben zu gestatten. Daß in dem Stamme selbst Wasser in geringer Menge gebildet werden kann, ist keineswegs unmöglich, denn es gehen während der Frühjahrszeit chemische Veränderungen, wobei der im Saft enthaltene Zucker gebildet wird, mit großer Schnelligkeit vor sich. Diese Umsetzungen sind indessen nicht hinreichend untersucht, um die Bildung von Wasser zu beweisen oder zu bezweifeln; jeden-

---

Die geringste Menge Wasser im Holze fand sich im Mai, Juni und Juli; in der Rinde wurden viele Unregelmäßigkeiten bemerkt. (Chem. Ackersmann 1866, S. 159.)

falls aber müssen wir annehmen, daß es vorzugsweise die Kraft der Wurzeln ist, die den Druck auf die Flüssigkeiten in dem Baume unterhält.

Der Saftfluß aus dem Ahornbaum in der Zuckerzeit ist mit dem Temperaturwechsel, der über dem Boden stattfindet, innig verknüpft. Der Saft fängt aus einem Einschnitt des Baumes zu fließen an, wenn dieser bis auf einen gewissen Grad erwärmt ist; im Allgemeinen scheint der Ausfluß um so stärker zu sein, je wärmer der Stamm ist. Während warmer, klarer Tage wird die strahlende Wärme der Sonne von der dunklen, rauhen Oberfläche des Baumes reichlich absorbirt; die Temperatur des letzteren erhebt sich dann rasch und erlangt die höchste Höhe, ja überschreitet selbst die Temperatur der Luft um einige Grade; dann ist auch der Ertrag an Saft am reichlichsten. In klaren Nächten findet die Abkühlung des Stammes in entsprechender Schnelligkeit statt; dann ist der Schnee oder die Oberfläche des Bodens gefroren, und der Saftausfluß ist ganz und gar gehindert. Von Bäumen, die eine sonnige Lage haben, läuft der Saft früher und schneller, als von denen, die kalt und nördlich gelegen sind. Der Saft fließt aus den Oeffnungen der südlichen Seite des Baumes eher, als aus denen, die nördlich gemacht sind.

Duchartre (Comptes rendus IX, 754) zog eine Weinrebe, die in einem Glashause sich befand, durch eine Oeffnung ins Freie und durch eine andere wieder herein, so daß der mittlere Theil der Rebe einer stetigen Wintertemperatur, die von —9° bis —13° Cels. wechselte, ausgesetzt war, während der übrige Theil des Weinstockes in dem Hause von einer Atmosphäre von +21° Cels. umgeben war. Unter diesen Umständen entwickelten sich die Knospen innerhalb kräftig, während die außerhalb schlafend blieben und sich nicht eher entfalteten als die Knospen eines daranstoßenden Rebenstocks, dessen Reben alle außerhalb des Hauses waren. Daß

der Saft durch den kalten Theil der Rebe ging, zeigte sich durch die Thatsache, daß die inneren Triebe bisweilen welkten, aber dann wiederum ihre Vollsaftigkeit erhielten, welches sich nur ereignen konnte durch die theilweise Unterdrückung und Wiedererneuerung der Wasserzufuhr durch den Stengel (Rebe). Payen untersuchte am Schluß des Versuches das Holz der Rebe und fand, daß die Stärke, welche es ursprünglich enthielt, gleichförmig aus den warmen und den der Kälte ausgesetzten Theilen verschwunden war. Daß das Maß, nach welchem der Saft durch den Stamm ging, durch die Temperatur beeinflußt wurde, läßt sich leicht durch die Thatsache nachweisen, daß die Blätter innerhalb am Morgen welk gefunden wurden, während sie sich gegen Mittag wieder erholten, obgleich die Temperatur außerhalb unter dem Gefrierpunkt blieb. Das Welken war ohne Zweifel vorzugsweise durch die verminderte Kraft des Stengels, Wasser durchzulassen, veranlaßt; die Wiederkehr der Blätter in ihren normalen Zustand war wahrscheinlich die Folge der Erwärmung des Stengels durch die strahlende Wärme der Sonne *).

Eine Weise, in welcher der Wechsel der Temperatur im Stamme das Strömen des Saftes beeinflußt, ist sehr begreiflich. Die Holzzellen enthalten nicht nur Wasser, sondern auch Luft. Beide werden durch Wärme ausgedehnt, beide durch Kälte zusammengezogen. Besonders die Luft unterliegt auf diese Weise einer ausgesprochenen Veränderung in ihrem Umfang. Wasser dehnt sich beinahe um ein Zwanzigstel durch Erwärmen von 0° bis 100° Cels. aus; die Luft vermehrt ihr Volum um mehr als ein Drittheil bei derselben Temperatur-

*) Die Temperatur der Luft ist nicht immer ein sicherer Anzeiger der Temperatur des festen Körpers, welchen sie umgiebt. Ein Thermometer erhebt sich oft, wenn man seine Kugel den directen Sonnenstrahlen aussetzt, 15° bis 21° Cels. über die Temperatur im Schatten.

veränderung. Wenn deshalb der Stamm des Baumes durch die Sonne erwärmt wird, so dehnt sich die Luft aus und übt einen Druck auf den Saft aus und preßt ihn aus einer beliebigen Wunde, die man in die Rinde und Holzzellen gemacht hat. Es erfordert nur eine Temperaturerhöhung um wenige Grade, um durch diese Ursache allein einen beträchtlichen Ausfluß von Saft aus einem großen Baume zu veranlassen. (Hartig.)

Wenn wir zugeben, daß das Wasser beständig in die tiefliegenden Wurzeln, deren Temperatur und Absorptionskraft für die längste Zeit unveränderlich von Tag zu Tag bleibt, eintritt, so würden wir ein beständiges langsames Verdunsten von Saft aus dem Stamme haben, wenn die Temperatur des letzteren gleichförmig und hinreichend hoch wäre. Dieses kommt in der That bisweilen während jeder Zuckerzeit vor. Wenn der Stamm bis auf den Gefrierpunkt abgekühlt ist oder nahe daran, so entsteht durch die Zusammenziehung der Luft und des Wassers im Baum ein Vacuum. Dadurch hört der Saft auf zu fließen, und statt dessen wird Luft durch das Bohrloch eingesaugt; sobald der Stamm wieder erhitzt wird, dehnt sich der gasförmige und flüssige Inhalt der Gefäße wieder aus, der Saftfluß erneuert sich und schreitet mit vermehrter Schnelligkeit fort, bis der innere Druck sein Maximum erreicht hat.

Wenn die Jahreszeit vorrückt und der Boden warm wird, wirkt die Wurzelkraft unzweifelhaft mit vermehrter Stärke und preßt größere Quantiäten Wasser in den Stamm, aber nach einer gewissen Zeit hört der Saftfluß aus der Wunde plötzlich auf. In diesem Zeitpunkt kommt eine neue Erscheinung hinzu.

Die Knospen, die im vorhergehenden Sommer gebildet waren, beginnen, wenn die Gefäße durch Saft ausgedehnt sind, zu schwellen und entfalten endlich ihre Blätter, wenn die

Temperatur den geeigneten Wärmegrad erreicht hat. In diesem Zeitpunkt haben wir die eigentliche Saftbewegung in allen Theilen des Baumes, während vorher überhaupt wenig Bewegung im gesunden Baum stattfand. In dem angebohrten Baume war die Bewegung gegen die Oeffnung zu und daher aus dem Stamm heraus.

Die Wunde hört aus zwei Ursachen auf auszufließen: Erstlich heilt durch das kräftige Wachsthum des Cambiums der Einschnitt in die Rinde und das Holz zu; die zweite Ursache ist die ausgedehnte Verdunstung, die durch die Blätter vor sich geht.

Daß die Verdunstung des Wassers durch die Blätter oft schneller stattfindet, als es durch die Wurzeln ersetzt werden kann, erkennt man aus der Thatsache, daß die zarten Blätter vieler Pflanzen welk werden, wenn die Erde um die Wurzeln trocken wird, und daraus, daß oft von einer Wunde eines Baumes, welcher mit Blättern bedeckt ist, Wasser rasch eingezogen wird, und ferner, daß das Verhältniß des Wassers in dem Holz der Bäume in gemäßigten Breitegraden in den Monaten Mai, Juni und Juli am geringsten ist.

Immergrüne Pflanzen bluten im Frühjahr nicht. Die Eiche verliert nur wenig Saft, und unter den anderen Bäumen bemerkt man einen großen Unterschied in der Menge des Wassers, die aus der Wunde eines Stammes fließt. Bei immergrünen Bäumen haben wir einen Stamm, der keine eigentlichen Gefäße besitzt und einen Ausfluß von Flüssigkeiten nur durch die Durchlöcherungen der Holzzellen zuläßt, welche wegen des harzartigen Inhaltes weniger leicht Wasser einsaugen können als andere Holzarten. Andererseits lassen die Blätter eine beständige Verdunstung zu und liefern dadurch dem Wasser einen Auslaß. Das gefärbte Kernholz, das in vielen Bäumen vorkommt, ist für Wasser undurchlassend, wie dies die Versuche von Boucherie und Hartig gezeigt haben.

Der Saft kann nur durch das weiße sogenannte Saftholz (Splint) fließen.

Anfang Juni bluten die neuen Triebe des Weinstocks nicht, wenn sie geschnitten werden, auch fließt kein Saft aus einer Wunde, die durch Abbrechen eines derselben dicht an der älteren Rebe gemacht wurde, wohl aber blutet ein Hieb in die letztere reichlich.

In den jungen Trieben (Zweigen) sind keine Canäle, die einen raschen Ausfluß von Wasser erlauben.

Zusammensetzung des Saftes. Der Saft besteht in allen Fällen hauptsächlich aus Wasser. Das aus dem Boden absorbirte Wasser führt eine geringe Menge gewisser Salze mit sich, wie Phosphate, Sulphate, Nitrate von Alkalien und alkalischen Erden. Seine organischen Bestandtheile findet es in der Pflanze selbst. Diese können von Substanzen, die im vorhergehenden Jahre im Vorrath aufgespeichert waren, herrühren, wie dies im Frühjahrssaft der Bäume stattfindet, oder sie können neugebildet sein, wie während des Sommerwachsthums.

Der Zucker im Ahornsaft im Frühjahr wird unzweifelhaft durch Umwandlung aus der Stärke gebildet, welche reichlich im Winterholz gefunden wird.

Nach Hartig (Journ. für prakt. Chemie V, S. 217, 1835) enthalten alle Laubhölzer in ihrem Holze Stärke und liefern einen süßen Frühjahrssaft, während Nadelbäume wenig oder keine Stärke enthalten. Hartig berichtet, daß er aus Wurzelholz einer Roßkastanie in einem Falle im Stande war. nicht weniger als 26 Procent Stärke darzustellen. Diese wird in den Geweben während des Sommers und Herbstes abgelagert, um der Pflanze zur Entwicklung des neuen Laubes im Frühjahr zu dienen. Bei immergrünen und jährlichen Pflanzen wird die organische Materie des Saftes mehr direct durch die Blätter selbst geliefert.

Die Blätter absorbiren Kohlensäure und verbinden ihren Kohlenstoff mit den Elementen des Wassers unter Bildung von Zucker und anderen Kohlenhydraten. Wahrscheinlich wird auch in den Blättern der Stickstoff, der von den Wurzeln in Form von Ammoniaksalzen und Nitraten gesammelt ist, mit Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Schwefel zur Bildung von Albuminaten vereinigt.

Neben Zucker enthält der Ahornsaft Aepfelsäure und geringe Mengen Albumin. Gegen das Ende der Zuckerzeit scheint der Saft noch andere organische Substanzen zu enthalten, die den Zucker unrein, braun von Farbe und von anderem Geschmack machen.

Es ist eine Erfahrungssache, daß Ahornzucker weißer und reiner ist und leichter krystallisirt in den Jahren, wo die Frühjahrsregen oder der Thau am geringsten sind. Diese Thatsache scheint anzuzeigen, daß die braune organische Materie, welche das Wasser aus verfaultem Laub auszieht, in die Wurzeln der Bäume eindringt, wie das der Glaube des Praktikers ist (?).

Der Frühjahrssaft vieler anderer Laubbäume der gemäßigten Klimate enthält Zucker, aber während in dem Ahornbaume Rohrzucker ist, enthalten die anderen Bäume größtentheils oder nur Traubenzucker. Zucker ist der Hauptbestandtheil des Saftes des Zuckerrohres, des Maises, der Zuckerrübe, der Gelbrübe, der Turnips und der Pastinake. Der Saft, der aus der Weinrebe und vielen anderen krautartigen Pflanzen fließt, enthält wenig oder keinen Zucker, in dem Saft des Weinstocks findet man statt dessen Gummi und Dextrin.

Nach dem, was bis jetzt gesagt wurde, ist es klar, daß wir die Menge des Saftes in einer Pflanze nicht davon ableiten können, was aus einem Einschnitte ausfließt, denn der Saft, der so ausfließt, ist größtentheils Wasser, welches aus

dem Boden stammt und herausgepreßt wird. Ebenso ist es selbstverständlich, daß der so gesammelte Saft nicht die normale Zusammensetzung der Pflanzensäfte hat; er muß verdünnt sein, und muß um so mehr verdünnt sein, je länger und je rascher er fließt.

Ulbricht hat eine Analyse eines Saftes, den er aus den Stümpfen der Kartoffel, des Tabacks und der Sonnenblume erhielt, gemacht. Er fand, daß aufeinander folgende Portionen, die getrennt für sich gesammelt wurden, eine abnehmende Concentration hatten.

In einem Liter Sonnenblumensaft, der in fünf aufeinander folgenden Portionen aufgefangen worden war, fand er folgende Mengen (Gramme):

	1.	2.	3.	4.	5.
Verbrennbare Substanzen	1,45	0,60	0,30	0,25	0,21
Asche	1,58	1,56	1,18	0,70	0,60
	3,03	2,16	1,48	0,95	0,81

Das Wasser, welches aus der Wunde strömt, löst und führt Materien mit sich, die in der unverletzten Pflanze eine wahrscheinlich viel langsamere und weniger ausgedehnte Ortsveränderung erlitten haben würden. Aus dem Stumpf eines Kartoffelstengels würden durch bloße mechanische Wirkung mit dem Wasser Substanzen ausfließen, die in den Blättern erzeugt waren und die in der unverletzten Pflanze abwärts in die Knollen gegangen wären.

Verschiedene Arten Saft. Es ist an dieser Stelle unserer Auseinandersetzungen nothwendig, auf die wichtige Thatsache aufmerksam zu machen, daß es verschiedene Arten von Säften in der Pflanze giebt. Wie wir (S. 303) gesehen haben, zeigt der Querschnitt einer Pflanze zwei Arten von Geweben, das Parenchym (Zellgewebe) und die Gefäße. Diese führen verschiedene Säfte, wie dies ihr chemisches Verhalten beweist. In den Parenchymzellen kommen vorzugsweise

die stickstofffreien Substanzen, wie Zucker, Stärke, Oel ꝛc., vor. Die Flüssigkeiten in diesen Zellen enthalten, wie Sachs nachgewiesen, gewöhnlich auch organische Säuren oder saure Salze und färben deshalb blaues Lackmuspapier roth.

In den Geweben der Gefäße wiegen die Albuminate vor, und der Saft der Gefäße hat gewöhnlich eine alkalische Reaction. Die verschiedenen Saftarten sind indessen nicht immer streng auf eines der Zellgewebe beschränkt. In den Wurzelspitzen und Knospen vieler Pflanzen (Mais, Kürbis, Zwiebel) sind die jungen (neugebildeten) Gewebe alkalisch von dem Vorwiegen der Albuminate, während der Frühlingssaft, der aus den Gefäßen und dem Holz des Ahornbaumes fließt, schwach sauer ist.

In vielen Pflanzen findet man ein System von Canälen (Milchsaftgängen) unabhängig von den Gefäßbündeln, welche einen undurchsichtigen, weißen oder gelben Saft enthalten. Diese Flüssigkeit sieht man aus dem abgebrochenen Stengel des Hundswürgers (Asclepias), des Lattichs oder des Schöllkrautes (Chelidonium) ausschwitzen. Man bemerkt sie auch in Tropfen auf einer frisch geschnittenen Batate sich sammeln. Der milchige Saft unterscheidet sich oft ebenso auffallend im Aussehen, als er sich im Geschmack von dem durchsichtigen Saft des Parenchyms und der Gefäßbündel unterscheidet. Der erstere ist gewöhnlich scharf und bitter, während der letztere süß oder einfach geschmacklos für die Zunge ist.

Bewegung der nährenden Substanzen in der Pflanze. Der gelegentlich rasche Lauf eines Wasserstromes durch die Pflanze aufwärts darf nicht mit der normalen nothwendigen und oft entgegengesetzten Bewegung der nährenden Materien verwechselt werden, aus welchen die neuen Triebe organisirt werden. Der erstere ist ein unabhängiger oder nur sehr untergeordneter Vorgang, durch welchen sich die Pflanze selbst dem beständigen Wechsel anpaßt, der in dem Boden

und in der Atmosphäre in Bezug auf deren Feuchtigkeitsgehalt stattfindet.

Eine Pflanze, die hinreichend Feuchtigkeit hat, um ihre Zellgewebe in Spannung zu erhalten, ist in ihrem normalen Zustande. Es macht hierbei keinen Unterschied, ob das Wasser sich fast unmerklich oder auch rasch aufwärts bewegt, um den Verlust durch Verdunstung zu ersetzen. In beiden Fällen ist die Bewegung der in dem Saft gelösten Materien beinahe dieselbe. In beiden Fällen entwickelt sich die Pflanze beinahe gleich gut. In beiden Fällen steigen die von den Wurzelspitzen gesammelten Nährstoffe aufwärts, und die von den Blättern aufgenommenen steigen herab und werden durch jede wachsende Zelle vertheilt. Die Bewegungen dieser Substanzen sind vergleichsweise von der Bewegung des Wassers, in denen sie gelöst sind, unabhängig und werden nur wenig davon beeinflußt.

Das Aufsteigen des Saftes in der Pflanze ist auf die Gefäßbündel beschränkt, ob diese symmetrisch und dicht geordnet sind, wie in den exogenen Pflanzen, oder ob sie einzeln durch den Stamm vertheilt sind, wie bei den Endogenen. Dies sieht man nicht bloß in dem blutenden Stumpf, sondern es wird deutlich gemacht durch die oft beobachtete Thatsache, daß eine gefärbte Flüssigkeit, die von der Pflanze oder von einem Abschnitt derselben absorbirt wird, sichtlich dem Lauf der Gefäße folgt; wenn sie auch gewöhnlich nicht in die Spiralgefäße eindringt, so steigt sie doch in den Gitter- oder Siebzellen des Cambiums*) auf. Der rasche Zufluß des Wassers zu den Blättern einer Pflanze, entweder von den Wurzeln aus oder aus einem Gefäß mit Wasser, in welches der abgeschnittene Stengel

*) Wie in Unger's Versuch, der eine Hyacinthe in den Saft der Kermesbeere (Phytolacca) setzte, oder wie bei Hellier's Beobachtungen bei Abschnitten in Kirschensaft.

eingetaucht ist, geht fort, wenn das Parenchym der Rinde und des Markes entfernt ist oder unterbrochen wird, aber er hört sofort auf, wenn die Gefäßbündel durchschnitten werden.

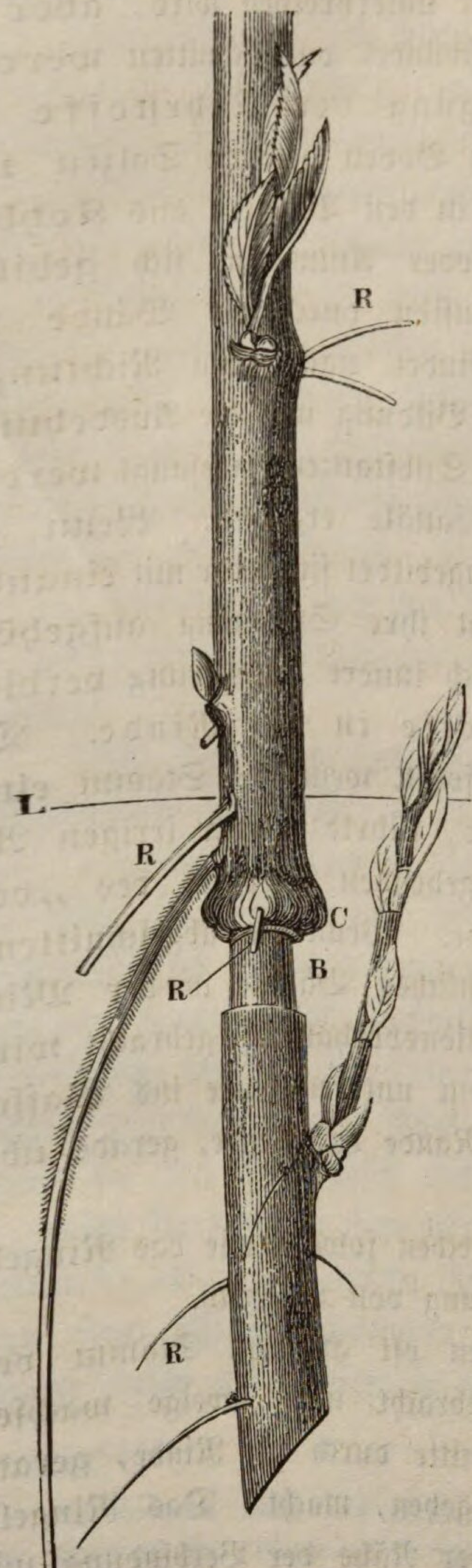
Die eigentliche Bewegung der Nährstoffe in der Pflanze, die aus den im Boden gelösten Salzen und den organischen Substanzen, die in den Blättern aus Kohlensäure, Wasser, Salpetersäure oder Ammoniak sich gebildet haben, ist eine langsame Diffusion durch die Wände der nichtdurchlöcherten Zellen und findet nach allen Richtungen hin statt. Das Wachsen ist die Bildung und die Ausdehnung neuer Zellen, in welche nährende Substanzen eingesaugt werden, aber sich nicht durch sichtbare Canäle ergießen. Wenn geschlossene Zellen in Saftgänge umgebildet sind oder mit einander durch Poren communiciren, hat ihre Spannung aufgehört. Von da an werden sie nur durch innere Ablagerung verdickt.

Bewegung der Nährstoffe in der Rinde. Die alte Beobachtung dessen, was erfolgt, wenn der Stamm eines exogenen Baumes geringelt wird, führte zu der irrigen Annahme eines förmlichen abwärtsgehenden Stromes, des „verarbeiteten" Saftes in der Rinde. Wenn ein abgeschnittener Schößling eines unserer gewöhnlichen Bäume in der Mitte geringelt und in günstige Vegetationsverhältnisse gebracht wird, in feuchte, warme Luft, mit dem unteren Ende ins Wasser, so bilden sich hauptsächlich am Rande der Rinde, gerade über dem entfernten Ringe, Wurzeln.

Das Umdrehen oder Halbbrechen sowohl wie das Ringeln einer Schicht befördert die Bildung von Wurzeln.

Schlafende Knospen werden oft an dem Stamm von Obstbäumen zur Entfaltung gebracht und Zweige wachsen kräftiger, wenn man Quereinschnitte durch die Rinde, gerade unter dem Punkte, wo sie ausgehen, macht. Das Ringeln einer fruchttragenden Rebe in der Nähe der Verbindung mit

Fig. 66.



dem älteren Holze hat die starke Vergrößerung der Trauben zur Folge.

Es ist wohlbekannt, daß eine große Wunde am Stamm eines Baumes durch die Bildung frischen Holzes zuheilt, und gewöhnlich ist das Wachsthum am rascheſten und reichlichsten über dem Schnitt. Aus diesen Thatsachen schloß man, daß der Saft in der Rinde herabsteigt, und da er nicht fähig sei, unter die Wunde herabzugehen, so führe dies gerade über derselben zur Organisation neuer Wurzeln oder neuen Holzes.

Die beigefügte Zeichnung (Fig. 66) stellt die Basis eines Reises von einem exogenen Stamme (Birne oder Johannisbeere) dar, der bei *B* geringelt ist und einige Tage in Wasser eingetaucht gehalten war bis zu der Tiefe, die durch die Linie *L* angezeigt ist. Die erste Aeußerung des Wachsthums ist die Bildung von Wulſ en an dem unteren Rand der Rinde, welche den Gärtnern als Callus, *C*, bekannt sind. Dies ist eine Erweiterung des Zellgewebes (Parenchyms). Von diesem Callus

aus erscheinen kurz darauf Wurzelfasern, *R*, welche im Gefäßgewebe entspringen. Es brechen auch Wurzelfasern aus dem Stengel über dem Callus hervor und auch über dem Wasser, wenn die Luft feucht ist. Sie erscheinen auch, obgleich weniger zahlreich, unter der geringelten Stelle.

Beinahe alle organischen Substanzen (Kohlenhydrate, Albuminate, Lignin ꝛc.), die von der Pflanze in den Blättern gebildet werden, müssen nothwendig ihren Weg abwärts finden, um den Stamm und die Wurzeln zu nähren. Die eben erwähnten Thatsachen zeigen, daß sie in der That in der Rinde herabsteigen. Wir haben indessen keinen Beweis, daß dies ein Herabfließen des Saftes ist.

Ein solches Strömen ist durch keine einzige Thatsache angezeigt, denn wir haben gesehen, daß das einzige Strömen des Wassers in der unverletzten Pflanze aufwärts geht, als eine Folge der Wurzelthätigkeit und Verdunstung, und diese ist veränderlich und nahezu unabhängig von der Vertheilung der Nährstoffe. Die genauere Untersuchung hat gezeigt, daß die reichlichste Abwärtsbewegung der Nährstoffe, die in den Blättern entstanden sind, in den dünnwandigen Siebzellen des Cambiums vorschreitet, welches bei den Exogenen das der äußeren Holz- und inneren Rindenschichte gemeinsam angehörende junge Zellgewebe ist und welches thatsächlich Rinde und Holz verbindet. Die Gewebe der Blätter stehen damit direct in Verbindung und bilden eine Fortsetzung des Cambiums, und daher müssen sich die in den Blättern gebildeten Substanzen rasch in das Cambium verbreiten. Wenn sie mit Leichtigkeit durch die Siebzellen gehen, so ist diese Thatsache ein einfacher Beweis, daß die letzteren ganz direct mit den Theilen des Blattes communiciren, in welchen die Substanzen, die sie führen, gebildet sind.

In endogenen Pflanzen und in manchen Exogenen (Piper medium, Amaranthus sanguineus) gehen die Siebzellen

führenden Gefäßbündel in das Mark und sind nicht auf das Aeußere des Stammes beschränkt. Ringelt man diese Pflanzen, so geben sie kein Resultat wie das oben beschriebene. Bei diesen werden die Wurzeln vorzugsweise oder ganz in der Basis des Ringes und nicht über der geringelten Stelle gebildet. (Hanstein.)

Wenn auch in allen Fällen ohne Ausnahme die in den Blättern organisirten Substanzen leicht und reichlich sich in den Gefäßen abwärts bewegen, so sind sie doch nicht ausschließlich darauf beschränkt. Wenn von einem Baume ein Ring von Rinde weggenommen wird, so ist sowohl das junge Zellgewebe wie das Gefäßgewebe unterbrochen, dessenungeachtet werden Stoffe durch das ältere Holz abwärts durchgelassen. Wenn an einem Reis ein schmaler Ring weggenommen ist, so erscheinen oft unter dem Einschnitt Wurzeln, wenn auch in geringerer Zahl, und obgleich die Neubildung an den Rändern der Wunde eines Baumstammes am oberen Theil am reichlichsten ist, so geht sie doch entschieden auch unten vor sich; sie bethätigt sich thatsächlich rings um die verwundete Stelle.

Beide, die Parenchymzellen wie die Gefäßbündel, gestatten die Ueberführung der Nährstoffe abwärts. In den ersteren kommen hauptsächlich vor und bewegen sich die Kohlenhydrate: Stärke, Zucker, Inulin — die Fette und Säuren. In den größeren Gängen ist Luft enthalten, ausgenommen, wenn der Stamm bei kräftiger Wurzelthätigkeit mit Wasser überladen ist. In den Siebzellen (Cambium) findet man die Albuminate, wenn auch nicht ungemischt mit Kohlenhydraten. Wenn ein Baum einen tiefen Hieb in den Stamm erhalten hat (der aber das gefärbte Kernholz nicht erreicht), so ist das Wachsthum nach beiden Seiten des Schnittes nicht unterdrückt, sondern es weichen nur die Nährstoffe aller Art aus der verticalen Richtung ab und gehen um den Einschnitt herum, um das neue Holz oben und unten zu ernähren. Wenn das Ringeln

eines Baumes im Frühjahr vor Anfang Sommers geschieht, wo das Wachsthum rasch vor sich geht, so ist es nicht tödtlich, vorausgesetzt, daß die jungen Zellen, welche sich äußerlich bilden, vor dem Vertrocknen und andern zerstörenden Einflüssen geschützt sind. Eine künstliche Rinde, wie eine Bedeckung mit einem Tuch oder Thon, um das bloßgelegte Holz feucht und von der Luft abzuhalten, erhält den Baum, bis die Wunde zugeheilt ist*).

In diesen Fällen ist es klar, daß die Substanzen, welche gewöhnlich in den Siebzellen vorwiegen, durch das Parenchymgewebe gehen müssen, um die Stelle, wo sie die wachsenden Organe ernähren, zu erreichen.

Der Beweis, daß nährende Substanzen auch aufwärts in der Rinde gehen, wird nicht allein durch die Verfolgung des Laufes gefärbter Flüssigkeiten im Stamm geliefert, sondern auch durch die Thatsache, daß unentwickelte Knospen in den meisten Fällen absterben, wenn das Reis zwischen ihnen und den thätigen Blättern geringelt wird. In der Ausnahme zu dieser Regel durchdringen die Gefäßbündel das Mark und zeigen dadurch, daß sie die Canäle für diese Bewegung sind. Eine geringe Zahl dieser Ausnahmen machen wiederum klar, daß die Siebzellen die Transportwege sind; denn wie Hanstein bei verschiedenen Pflanzen (Solaneen, Asclepiadeen rc.) gezeigt hat, durchdringen die Siebzellen (Gitterzellen), unbegleitet von anderen Arten von Gefäßbündeln, das Mark und geringelte Ruthen dieser Pflanzen wachsen gleich gut über und unter der Wunde, wenn auch alle Blätter über der geringelten Stelle abgeschnitten werden, so daß die Nahrung für die

---

*) Wenn frisch bloßgelegtes Holz mit einem Tuch gerieben oder trocken gewischt wird, sodaß die feuchte Cambiumschicht (die Zellen, welche die Kerne enthalten und vervielfältigungsfähig sind) entfernt wird, so kann kein Wachsen mehr stattfinden.

Knospen nur von unterhalb des Einschnittes kommen kann und muß.

Die Substanzen, welche in den Blättern organisirt sind, sowohl als diejenigen, welche von den Wurzeln aufgesaugt werden, bewegen sich nach jeder Stelle hin, wo dieselben erforderlich sind, um einen Mangel daran zu decken. Die Kohlenhydrate gehen von den Blättern nicht bloß abwärts, um neue Wurzeln zu ernähren, sondern auch aufwärts, um den Knospen, Blüthen und Früchten Nahrungsmaterial zuzuführen. Bei den Cerealien hört beim Herannahen der Reifezeit die Fähigkeit der Blätter, atmosphärische Nahrung zu sammeln und zu organisiren, beinahe vollständig auf. Der Same wächst auf Kosten der vorher in den Blättern und Halmen aufgespeicherten Stoffe (S. 218), und zwar in solcher Ausdehnung, daß er völlig auszureifen vermag, wenn die Pflanze auch schon zur Zeit geschnitten worden ist, wo der Kern noch in der Milch ist, oder selbst noch früher, wo der Saft des Kornes noch wässerig ist und bevor die Stärkekörnerbildung noch angefangen hat.

In zweijährigen Wurzelfrüchten ist die Wurzel während des ersten Jahres der Mittelpunkt der Bewegung für die organisirte Materie, aber im zweiten Jahre werden die Vorräthe in den Wurzeln vollständig für den Unterhalt der Blüthen und Samen erschöpft, so daß die Richtung der Bewegung dieser organisirten Materien umgekehrt ist. In beiden Jahren ist die Bewegung des Wassers ganz die gleiche, nämlich von dem Boden aufwärts in die Blätter*).

---

*) Die Bewegung des Wassers ist stets aufwärts, weil der Boden stets mehr Wasser enthält als die Luft. Wenn die Pflanzen sich in dem Falle befänden, daß ihre Wurzeln fortwährend Wassermangel, während die Blätter einen Wasserüberfluß hätten, so kann es nicht zweifelhaft sein, daß dann der „Saft“ in einem regelmäßigen Strome abwärts fließen würde. In diesem Falle würden dessenungeachtet die nährenden Substanzen ihren normalen Lauf nehmen.

Fassen wir die ganze Sache zusammen, so sind die nährenden Substanzen nicht absolut auf irgend einen einzelnen Weg beschränkt, sondern sie können sich nach jeder Richtung hin bewegen. Die Thatsache, daß sie vorzugsweise bestimmten Canälen folgen und sich in dieser oder jener Richtung bewegen, ist offenbar von dem Bau und der Anordnung der Gewebe, von den Quellen der Nahrung und von dem Sitz des Wachsthums oder anderer Thätigkeiten abhängig.

§ 3.

Die Ursachen der Bewegung der Pflanzensäfte.

Porosität ist eine allgemeine Eigenschaft aller festen Körper. Das Wort Porosität drückt aus, daß die Molecüle, oder kleinsten Theilchen einer Materie immer durch gewisse Zwischenräume von einander getrennt sind. Bei zahlreichen Körpern sind die Poren sichtbar. In vielen anderen Fällen können wir keine Poren sehen, selbst mit Hülfe der stärksten mikroskopischen Vergrößerung; dessenungeachtet ist die Thatsache der Porosität eine nothwendige Folge einer andern Thatsache, welche wir beachten müssen, nämlich der Absorption (Aufsaugefähigkeit). Die Leinenfaser hat für das unbewaffnete Auge keine Poren. Unter dem Mikroskop finden wir, daß es eine röhrenförmige Zelle ist, deren Oeffnung viel kleiner ist als die Dicke der Wände. Beim Eintauchen ins Wasser schwillt sie an, wird durchsichtiger und vermehrt ihr Gewicht.

Wenn das Wasser durch eine Indigolösung oder Cochenillelösung gefärbt ist, wird die Faser sichtlich von dem Farbstoff durchdrungen. Sie ist daher porös, nicht bloß in dem Sinne, daß sie eine innere Höhlung hat, welche durch starke Vergrößerung sichtbar wird, sondern auch, weil sie überall in ihrer scheinbar undurchlöcherten Substanz zahllose Canäle besitzt, in welche die Flüssigkeit leicht dringen kann. In gleicher

Weise sind alle vegetabilischen Gewebe mehr oder weniger porös und von Wasser durchdringbar oder wasserdurchlassend.

Auffsaugung von Flüssigkeiten durch poröse Körper. Die Pflanzengewebe gestatten nicht bloß den Zutritt des Wassers durch ihre Poren, sondern sie verschlucken aufs Kräftigste oder absorbiren diese Flüssigkeit so lange, bis ihre Poren voll sind, wenn es ihnen im Ueberschuß dargeboten wird.

Wenn die Molecüle der porösen Körper bewegungsfähig sind, so entfernen sich dieselben durch Einsaugung einer Flüssigkeit von einander; der Körper selbst schwillt. Selbst gepulvertes Glas oder feiner Sand vermehrt seinen Umfang wahrnehmbar durch Einsaugen von Wasser. Thon schwillt viel mehr. Gelatinöse Kieselsäure, Pectin, Traganthgummi und gekochte Stärke halten eine noch weit größere Menge in ihren Poren fest.

Bei den vegetabilischen und animalischen Geweben oder Membranen finden wir aus demselben Grunde einen größeren oder geringeren Grad von Ausdehnbarkeit (ein Aufschwellen), aber hier setzt die bauliche Verbindung der Molecüle ihrem Auseinanderweichen eine Grenze, und die Folge der Sättigung mit Flüssigkeit ist ein Zustand von Aufgeschwollensein und Spannung, welche einer Erschlaffung oder einem Zusammensinken unterliegt, wenn die Flüssigkeit theilweise entfernt ist.

Die Kraft, mit welcher vegetabilische Stoffe Wasser aufsaugen, kann aus einer wohlbekannten Thatsache abgeleitet werden. In Granitbrüchen werden lange Steinblöcke durch Eintreiben von trockenen Holzpflöcken in Löcher, welche entlang der gewünschten Spaltungslinie geführt sind, gespalten, indem man Wasser über die Holzpflöcke schüttet. Das Wasser durchdringt das Holz mit ungeheurer Kraft und der festeste Fels wird dadurch leicht in Stücke gebrochen.

Die aufsaugende Kraft verschiedener Gewebe und vegetabilischer Substanzen ist sehr verschieden. Im Allgemeinen

nehmen die jüngeren Organe oder Theile der Pflanze das Wasser am leichtesten und reichlichsten auf. Das Saftholz (Splint) der Bäume absorbirt weit mehr als das Kernholz und die Rinde. Die Oberhaut der Blätter ist oft vergleichsweise wasserundurchlassend. Von den näheren Elementen haben wir die Cellulose und die Stärkekörner, die selbst in trockener Luft im Stande sind, 10 bis 15 Procent Wasser festzuhalten. Wachs und feste Fette sowohl als Harze ziehen dagegen Wasser nicht stark an und können nicht leicht von demselben benetzt werden. Sie machen Cellulose, welche mit ihnen getränkt ist, unabsorbirend.

Diejenigen vegetabilischen Substanzen, welche gewöhnlich die stärkste absorbirende Kraft für Wasser zeigen, sind Pectin, Pectin- und Pectosinsäure, Pflanzenschleim, Bassorin und Albumin. In den lebenden Pflanzen zeigt die Protoplasmamembran große absorbirende Kraft. Von Mineralsubstanzen ist gelatinöse Kieselsäure bemerkenswerth für ihre Wasseranziehung.

Es zeigen nicht nur verschiedene Substanzen ungleiche Anziehung für Wasser, sondern die nämliche Substanz verhält sich auch verschieden gegen verschiedene Flüssigkeiten.

100 Theile trockener Ochsenblase absorbiren nach Liebig in 24 Stunden:

268	Theile	reines Wasser,
133	„	gesättigte Kochsalzlösung,
38	„	Alkohol,
17	„	Knochenöl.

Ein Stück trockenes Leder absorbirt sowohl Oel wie Wasser und scheinbar mit gleicher Begierde. Wenn indessen geöltes Leder in Wasser eingetaucht wird, so wird das Oel allmälig und vollständig verdrängt, wie der Landwirth wohl aus seiner Erfahrung mit gefetteten Stiefeln weiß. Gummielasticum ist anderseits undurchdringlich für Wasser, während

Terpentinöl in großer Menge von demselben aufgesaugt wird, indem es das Gummi zu einer teigigen Masse aufschwellen macht, die viele mal sein ursprüngliches Volum übertrifft.

Die Absorptionskraft wird durch die Größe der Poren beeinflußt. Bei sonst gleichen Umständen ist, je feiner diese sind, desto größer die Kraft, mit welcher sie eine Flüssigkeit einsaugen. Dieses hat man durch das Studium einer Art von Poren, deren Wirkung eine genaue Messung zuläßt, zu zeigen gelernt. Eine Glasröhre von einem engen gleichförmigen Kaliber ist eine solche Pore. In einer Röhre von 1 Millimeter Durchmesser erhebt sich das Wasser 30 Millimeter. In einer Röhre von $1/_{10}$ Millimeter steigt die Flüssigkeit 300 Millimeter auf (ungefähr 11 Zoll) und in einer Röhre von $1/_{100}$ Millimeter hält sich eine Säule von 3000 Millimeter. In porösen Körpern, wie Kalk, Gyps, starkgepreßtee Asche oder Stärke, fand Jamin, daß das Wasser mit einer Kraft absorbirt wurde, die einen Druck von 3 bis 6 Atmosphären überwand, oder mit anderen Worten, die in einer weiten Röhre einer Wassersäulevon 100 bis 200 Fuß das Gegengewicht hielt. (Comptes Rendus, L, p. 311.)

Die absorbirende Kraft wird durch die Temperatur beeinflußt. Warmes Wasser wird durch Holz schneller und reichlicher absorbirt als kaltes. In kaltem Wasser schwillt die Stärke nicht in einem auffallenden oder selbst wahrnehmbaren Grade auf, obgleich eine beträchtliche Menge Flüssigkeit aufgesaugt wird. In warmem Wasser ändert sich indessen die Sache beträchtlich. Die Stärkekörner bersten gewaltsam auf, und es wird ein Teig oder eine Gallerte gebildet, die vielmal das eigene Gewicht Wasser enthält. (Experiment XXVII, S. 65.) Beim Gefrieren verlieren die Wassertheile größtentheils ihre Anziehung zur Stärke. Das Aufsteigen von Flüssigkeiten in engen Röhren, deren Wände nicht absorptions-

fähig sind, wird dagegen durch eine Steigerung der Temperatur verringert.

Adhäsion oder Capillarattraction. Die Absorption einer Flüssigkeit in die Hohlräume eines porösen Körpers sowohl als das Steigen in einer engen Röhre sind nur der Ausdruck einer allgemeinen Thatsache (Gesetzes), daß zwischen den Molecülen eines flüssigen und festen Körpers eine Anziehung stattfindet. Die einfachste Form dieser Anziehung äußert sich in der Adhäsion (im Anhaften), und diesen Ausdruck wenden wir an, um damit die hier in Frage kommende Kraft zu bezeichnen.

Tauchen wir eine reine Glasplatte ins Wasser, so benetzt die Flüssigkeit das Glas und bleibt daran hängen. Zieht man das Glas heraus, so zieht man einen Ueberzug von Wasser mit heraus. Stellt man zwei Glasscheiben zusammen auf eine Platte, so daß sich ihre senkrechten Kanten auf der einen Seite berühren und an der anderen Seite $1/8$ eines Zolles auseinander stehen, so sieht man, wenn etwas Wasser auf die Platte geschüttet wird, daß diese Flüssigkeit in dem Zwischenraume mehrere Zolle oder Fuße in die Höhe steigt, wo sie in nächster Berührung sind, und eine Curve abwärts bildet, wo der Zwischenraum größer wird.

Capillarattraction — die gewöhnliche Bezeichnung für die Kraft, welche die Flüssigkeit veranlaßt, in engen Röhren zu steigen, ist dasselbe wie Adhäsion, welche in allen Fällen von Absorption, die hier in Frage kommen, sich bemerklich macht. Bei vielen Absorptionserscheinungen scheint übrigens die chemische Verwandtschaft (Affinität) mit mehr oder weniger Kraft mitzuwirken.

Die Adhäsion zeigt sich, wie schon angedeutet, nicht allgemein zwischen festen und flüssigen Körpern. Taucht man Glas in Quecksilber, so wird es dadurch nicht benetzt, und wenn eine Capillarröhre in diese Flüssigkeit getaucht wird, so

sehen wir kein Steigen, sondern eine Erniedrigung in der Röhre. Eine befettete Glasröhre verhält sich gegen Wasser in gleicher Weise.

Die Adhäsion kann die Ursache einer andauernden Bewegung unter gewissen Umständen sein. Wenn man einen neuen Baumwollendocht in Oel taucht, so kann man die Bewegung des Oels mit dem Auge verfolgen, wie es langsam aufsteigt, bis die Poren angefüllt sind. In diesem Augenblicke ist die Adhäsion zwischen Oel und Baumwolle befriedigt und die Bewegung hört auf. Jede Ursache, welche Oel aus den Poren an der Spitze des Dochtes entfernt, erregt wieder neue Anziehung, weil das Gleichgewicht, welches sich zwischen dem festen und flüssigen Körper hergestellt hatte, gestört ist. Hält man ein brennendes Zündholz an den Docht, so zerstört man durch die Hitze das Oel, Molecül nach Molecül, und der Proceß wird dauernd, wenn der Docht angezündet wird. Wie die Poren an der Basis der Flamme Oel an diese abgeben, so füllen sich dieselben wieder aus den unteren Poren, und die so angefangene Bewegung pflanzt sich zu dem Oel in dem Gefäß darunter fort und dauert so lange, als die Flamme brennt oder so lange Oel vorhanden ist.

In diesem Processe üben die Poren, wenn sie von demselben Materiale und gleicher Größe sind, überall eine gleiche Anziehung auf die Molecüle des Oels aus. Der Docht enthält natürlich oben weniger Oel als unten, aus zwei Gründen. Erstens wirkt die Schwere oder die Anziehung der Erde sehr mächtig auf das Oel unten, und zweitens erfordert es eine gewisse Zeit für die Theilchen des Oels nach oben zu gehen, und sie können die Spitze nicht so schnell erreichen, als sie verzehrt werden können. Wir erhalten einen weiteren Einblick in die Natur dieser Bewegung, wenn wir betrachten, was sich ereignet, wenn in dem Dochte alles Oel aufgesaugt ist.

Kurz danach sehen wir die Flamme sich vermindern.

Sie geht indessen nicht aus, sondern brennt noch eine Zeit lang mit beständig abnehmender Kraft fort. Wenn die Zufuhr von Flüssigkeit zu dem porösen Körper unzureichend ist, um letzteren zu sättigen, so bleibt doch noch dasselbe Bestreben, das Gleichgewicht herzustellen. Die Flamme erlischt zuletzt, weil die Verbrennung des Oels nicht mehr hinreicht, die nöthige Hitze zu liefern, um es zu zersetzen. Wird nun der Docht an einem einzigen Punkte mit einem anderen trockenen Dochte von gleicher Länge und Porosität in Berührung gebracht, so kommt das im ersteren zurückgebliebene Oel wiederum in Bewegung und dringt in den zweiten Docht von Pore zu Pore, bis das Gleichgewicht abermals hergestellt ist und sich das Oel zwischen beiden gleich vertheilt hat.

Ist in den Hohlräumen eines porösen Körpers Wasser enthalten, so wird die Verdunstung des letzteren an der Oberfläche die entferntere Ursache einer andauernden Aufwärtsbewegung der Flüssigkeit.

Die Abgabe des Wassers in Dunstform von den Blättern einer Pflanze macht so den Eintritt des Wassers als Flüssigkeit in die Wurzeln nothwendig und unterhält eine Bewegung desselben in den Saftcanälen, oder verursacht es durch Absorption von Zelle zu Zelle zu steigen.

Diffusion der Flüssigkeiten. Die Bewegungen, die in der Pflanze stattfinden, wenn eine Verdunstung außer Frage ist, wie sie sich zum Beispiel in dem Stumpfe einer Weinrebe zeigen, die in eine Barometerröhre gekittet ist (Fig. 43, S. 248), können nicht durch die Capillarität oder bloße Absorptionskraft unter den eben erwähnten Bedingungen erklärt werden. Um diese zu erläutern, haben wir noch einige andere Betrachtungen nöthig.

Die Theilchen vieler verschiedener Arten Flüssigkeit ziehen sich einander an. Wasser und Alkohol können in Folge ihrer Anziehung in allen Verhältnissen mit einander gemischt wer-

den. Füllen wir eine Glasflasche bis zu dem Rande mit Wasser und lassen wir sie auf den Boden eines großen Gefäßes mit Alkohol hinab, so finden wir nach einigen Stunden, daß Alkohol in die Flasche gedrungen ist und Wasser in das Gefäß, trotzdem die letztere Flüssigkeit beträchtlich schwerer ist als erstere. Wenn das Wasser durch Indigo oder Kirschensaft gefärbt ist, so kann man die Bewegung mit dem Auge verfolgen, und nach einem gewissen Zeitraum sieht man, daß sich das Wasser und der Alkohol gleichförmig in den zwei Gefäßen gemischt haben.

Diese Aeußerung der Anziehung nennt man Diffusion.

Was für zwei Flüssigkeiten richtig ist, gilt für zwei Lösungen, das heißt für zwei feste Körper, die durch die Wirkung eines Lösungsmittels gelöst sind. Setzt man eine Flasche, die mit gefärbter Kochsalzlösung oder Syrup gefüllt ist, in ein Gefäß unter Wasser, so entleert sie ihren Inhalt in das letztere und nimmt dafür Wasser auf, und diese Bewegung der Flüssigkeiten hört nicht eher auf, als bis das Ganze eine gleichförmige Zusammensetzung hat, das heißt bis jedes Molecül Salz oder Zucker gleichförmig von allen Molecülen Wasser angezogen ist.

Wenn einige oder eine große Anzahl löslicher Substanzen zusammen in Wasser gelegt werden, so geht die Diffusion jedes derselben durch die ganze Flüssigkeit in derselben Weise fort, bis die ganze Mischung gleichförmig ist.

Die Diffusion der Flüssigkeiten kann die Ursache einer fortdauernden Bewegung werden, wo immer die Umstände eine beständige Störung in der Zusammensetzung einer Lösung oder in der Mischung von Flüssigkeiten verursachen.

Wenn wir in eine Mischung von zwei Flüssigkeiten einen festen Körper einführen, der sich chemisch damit verbinden und eine der Flüssigkeiten festmachen kann, so fängt die

Flüssigkeit an sich gegen den festen Körper von allen Seiten her zu bewegen und hört nur auf, wenn der feste Körper nicht mehr fähig ist mehr von der einen Flüssigkeit zu binden, oder wenn nichts mehr übrig ist, womit er sich verbinden kann. So wird, wenn man ungelöschten Kalk in eine Mischung von Wasser und Alkohol bringt, das Wasser mit der Zeit vollständig von dem Kalk gebunden und der Alkohol wird wasserfrei gemacht.

Größe der Diffusion. Die Größe der Diffusion richtet sich nach der Natur der Flüssigkeiten, bei Lösungen nach dem Grad ihrer Concentration und nach der Temperatur.

Colloïde und Krystalloïde. Es giebt eine Classe von Körpern, deren Molecüle in vieler Hinsicht besonders unthätig sind und die, in Wasser oder andern Flüssigkeiten gelöst, eine sehr geringe Fähigkeit für Diffusionsbewegungen besitzen. Diese Körper werden Colloide*) genannt und sind durch ihr Aufschwellen oder ihr Verbinden mit Wasser zu voluminösen Massen von gelatinöser Consistenz gekennzeichnet, ferner durch ihre Unfähigkeit zu krystallisiren und durch ihre schwache und gering ausgesprochene chemische Affinität. Stärke, Dextrin, des Gummi, die unkrystallisirten Albuminate, Pectin, Pectinsäure, Gelatin (Leim), Tannin und gelatinöse Kieselsäure sind Colloide. Diesen in den eben angeführten Eigenschaften entgegengesetzte Körper sind solche, welche krystallisiren, wie Saccharose, Glucose, Oxalsäure, Citronensäure, Weinsäure und die gewöhnlichen Salze.

Es giebt übrigens Körper, die man niemals krystallisirt gesehen, und dennoch in hohem Grade diffusionsfähig sind; diese werden mit den krystallinischen von Graham unter dem Namen Krystalloïde**) zusammengefaßt.

---

*) Von zwei griechischen Worten = Leim gleich.

**) Wir haben bereits das Wort Krystalloid gebraucht, um die amorphen Albuminate von den Modificationen oder Verbindungen zu

Colloide Körper sind, wenn sie unlöslich, fähig, Wasser aufzusaugen und gestatten eine Diffusion durch ihre molecularen Zwischenräume. Unlösliche Krystalloïde sind anderseits in diesem Sinne für Flüssigkeiten undurchdringlich. Die Colloïde schwellen mehr oder weniger durch die Absorption von Flüssigkeit oft zu großem Umfang an: das Volum eines Krystalloïds bleibt unverändert.

Bei seinem Studium des Verhältnisses der Diffusion bei verschiedenen Substanzen, von denen ein Procent in Wasser gelöst wurde, fand Graham folgende annähernde Zeiten für gleiche Diffusion:

Salzsäure	Krystalloïd	1
Chlornatrium	„	$2^1/_3$
Rohrzucker	„	7
Schwefelsaure Magnesia	„	7
Eiweiß	Colloïd	49
Caramel	„	98.

Diese Tafel zeigt, daß die Diffusionsthätigkeit der Salzsäure im Wasser 98mal größer ist als die von Caramel (siehe S. 73, Experiment 29). Mit anderen Worten, ein Molecül der Säure wandert 98mal so weit in einer gegebenen Zeit als ein Molecül Caramel.

Osmose oder Diffusion durch Membranen. Wenn zwei mischbare Flüssigkeiten oder Lösungen durch eine poröse Zwischenwand getrennt sind, so tritt die Erscheinung der Diffusion (welche von der gegenseitigen Anziehung der Molecüle verschiedener Flüssigkeiten oder Lösungen abhängt), verbunden mit den Erscheinungen der Capillarität oder Ein-

---

unterscheiden, die das Aussehen von Krystallen haben (S. 107). Der Gebrauch dieses Wortes wurde von Nägeli 1862 vorgeschlagen. Graham gebrauchte es als Gegensatz zu den Colloiden 1861. Es mag vielleicht sein, daß Nägeli's Krystalloïde in dem Sinne Graham's krystalloïd sind.

saugung und der chemischen Affinität auf. Die Adhäsion oder eine andere Kraft, welche die Scheidewand auf die Molecüle der Flüssigkeit auszuüben vermag, übertrifft oft das Streben der Diffusion, und die Bewegung kann dadurch beträchtliche Veränderungen erleiden.

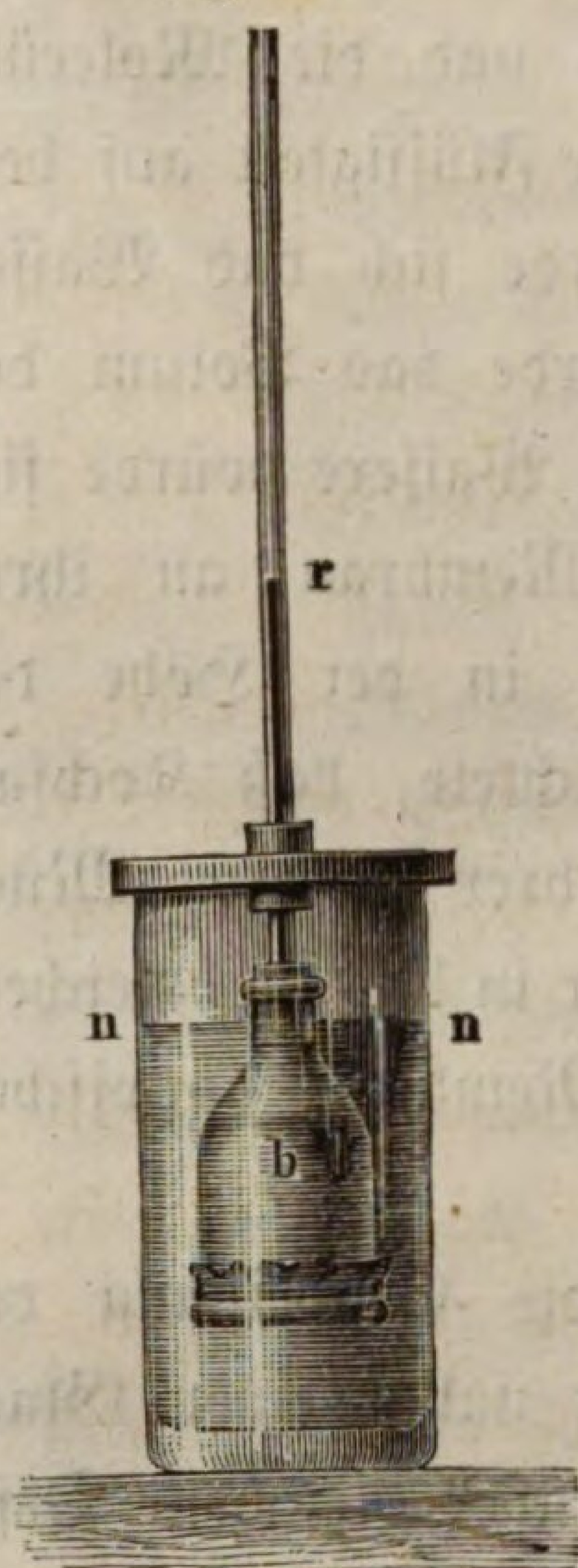
Wenn wir reines Wasser und eine Kochsalzlösung durch eine Membran, auf welche diese Substanzen keine Einwirkung ausüben können, trennen, so würde die Diffusion in derselben Weise vor sich gehen, als wenn gar keine Membran vorhanden wäre. Die Molecüle des Wassers würden von der einen Seite durch die Membran dringen und die Molecüle des Salzes von der anderen Seite, bis die Flüssigkeit auf beiden Seiten gleich geworden wäre. Würde sich das Wasser schneller bewegen als das Salz, so würde das Volum der Salzlösung sich vergrößern und das des Wassers würde sich entsprechend verkleinern. Wäre die Membran an ihrer Stelle befestigt, so würde ein Wechsel in der Höhe der Flüssigkeiten eintreten. Graham beobachtete, daß Kochsalz durch eine dünne Ochsenblase, die von ihrer äußeren Muscularbekleidung befreit war, in das Wasser in beinahe gleichem Verhältniß diffundirte, als wenn keine Membran dazwischen gesetzt wäre.

Dutrochet war der Erste, der die Erscheinung der Diffusion durch Membranen studirte. Er nahm einen Glastrichter mit langem schmalen Hals, band über die weite Oeffnung ein Stück Blase, wendete ihn um und schüttete eine Kochsalzlösung hinein, bis der Trichter bis an den Hals gefüllt war, und tauchte dann die Blase in ein Gefäß mit Wasser unter. Er sah, wie die Flüssigkeit sich in der engen Röhre erhob und in dem äußeren Gefäß fiel. Er bezeichnete dieses Eintreten des Wassers in den Trichter mit Endosmose oder Einwärtstreiben. Gleichzeitig fand er, daß das den Trichter umgebende Wasser einen Salzgeschmack empfangen hatte.

Dieses Auswärtstreten des Salzes nannte er Exosmose. Das mehr allgemeine Wort Osmose drückt beide Erscheinungen zugleich aus; wir werden indessen die Ausdrücke Dutrochet's brauchen, um die Richtung der Osmose zu bezeichnen.

Osmometer. Wenn der Apparat, den Dutrochet angewendet, so construirt wird, daß die Weite der engen Röhre in einem bekannten Verhältnisse zu der Trichterweite steht, zum Beispiel genau $^1/_{10}$ der Oberfläche der Membran beträgt, und die Röhre selbst mit einer Millimeterscala versehen ist, so haben wir das Osmometer von Graham (Fig. 67). Das Aufsteigen oder das Herabsinken einer Flüssigkeit in der Röhre giebt ein Maß für den Umfang der Osmose, vorausgesetzt, daß dem hydrostatischen Druck das Gegengewicht durch das Gleichmachen des Flüssigkeitsstandes innerhalb und außerhalb gehalten wird, für welchen Zweck man in das äußere Gefäß Wasser zuschüttet oder herausnimmt. Graham bezeichnet die Vermehrung des Volums in dem Osmometer als positive oder einfache Osmose und unterscheidet davon den Fall der Flüssigkeiten in der engen Röhre als negative Osmose.

Fig. 67.



In der Figur ist das äußere Gefäß für die Aufnahme von Wasser bestimmt. Das trichterförmige innere Gefäß ist unten mit einer Membran geschlossen. Die graduirte Röhre ist mit einem Pfropfen in Hals des Trichters eingepreßt und durch einen zweiten Pfropfen in dem Deckel des Gefäßes befestigt.

Thätigkeit der Membran. Wenn die Membran selbst eine Anziehung für eine oder mehrere Substanzen, zwischen

welche sie gesetzt ist, hat, so kann die Zeitdauer, der Betrag und selbst die Richtung der Diffusion sehr beträchtlich geändert werden.

Wasser wird durch die Blasenmembran viel leichter eingesaugt als Alkohol; andererseits wird eine Haut von Collodium (in Aether aufgelöste Schießbaumwolle) leichter von Alkohol durchdrungen als von Wasser. Wenn diese Flüssigkeiten nun durch eine Blase getrennt sind, so wird ein sichtbares Fließen gegen den Alkohol zu stattfinden; theilt sie dagegen eine Collodiummembran, so wird die schnellere Bewegung nach dem Wasser zu stattfinden.

Wenn eine kräftige chemische Wirkung auf die Membran durch die Flüssigkeit oder die gelöste Substanz ausgeübt wird, so wird die Osmose sehr erhöht. Bei Versuchen mit einer Scheidewand von porösem gebrannten Thon (Porzellanbiscuit) fand Graham, daß bei den neutralen organischen Körpern, wie Zucker, Alkohol, oder neutralen Salzen, wie bei Chloriden und Nitraten der Alkalien, sehr wenig Osmose sich zeigt, d. h. die Diffusion ist nicht bemerklich größer, als sie bei Abwesenheit der porösen Zwischenwand sein würde.

Die Säuren — Oxalsäure, Salpetersäure und Salzsäure — zeigen eine merkliche, aber doch noch mäßige Osmose.

Schwefelsäure, Phosphorsäure und Salze, die eine entschieden alkalische oder saure Reaction besitzen, wie doppelt oxalsaures Kali, phosporsaures Natron und kohlensaures Kali und Natron, zeigen eine beträchtlich stärkere Osmose. Eine Lösung von einem Theil kohlensauren Kalis in 1000 Theilen Wasser zum Beispiel nimmt im Osmometer rasch an Volum zu, und für einen Theil Salz, das zu dem Wasser geht, treten 500 Theile Wasser herüber in die Lösung.

In allen Fällen, wo die Diffusion durch eine Membran stark verändert wird, wird die Membran selbst stark angegriffen und geändert oder durch die Flüssigkeiten gelöst.

Wenn eine thierische Membran gebraucht wird, so unterliegt sie einer beständigen Zersetzung, und ihre osmotische Wirkung ist erschöpfbar. Im Falle, daß gebrannter Thon als eine Zwischenwand angewendet wird, findet man in der Lösung, auf welche eine Osmose geübt wird, immer Kalk und Thonerde.

Graham bemerkt, daß, um Osmose in der Blase zu erzeugen, die chemische Wirkung auf die Membran auf beiden Seiten verschieden sein muß, und sichtlich nicht allein dem Grade, sondern auch der Art nach, wie etwa eine alkalische Wirkung auf die Albuminsubstanzen der Membran auf der einen Seite stattfinden kann und eine saure auf der anderen Seite. Das Wasser scheint sich immer auf der alkalischen oder basischen Seite der Membran anzuhäufen. Daher findet bei einem alkalischen Salze, wenn kohlensaures Kali in dem Osmometer und das Wasser außen ist, das Fließen nach innen statt; ist aber eine Säure in dem Osmometer, dann tritt negative Osmose ein, oder das Fließen findet nach außen statt, und die Flüssigkeit in der Röhre fällt.

Wasseraufnahme der Membran. Die rasche Osmose von kohlensaurem Kali und anderen Alkalisalzen wird durch Kochsalz stark gehindert; sie wird durch eine gleiche Menge dieser Substanz beinahe auf nichts zurückgeführt. In diesem Falle ist es wahrscheinlich, daß die physikalische Wirkung des Salzes, welche die wasseraufsaugende Kraft der Membran vermindert (S. 399), in entgegengesetzter Richtung wirkt und so die chemische Wirkung der Carbonate neutralisirt. In der That mag die Osmose der Carbonate sowohl als aller anderen sauren oder alkalischen Salze in ihrer Wirkung auf die Membran beruhen, indem sie oder die Kraft der Membran, die Flüssigkeit, aufzusaugen, verändern.

Graham stellt diese Ansicht zur Erklärung der osmoti-

schen Wirkung der colloïden Membranen auf*). Bei der osmotischen Thätigkeit der gebrannten Thone ist es nicht unwahrscheinlich, daß die chemische Wirkung eine andere ist.

Graham weist einen Zusammenhang nach, der zwischen der Wirkung von Säuren und Alkalien auf das Wasseraufsaugungsvermögen von colloïden Membranen und deren osmotischer Kraft besteht.

„Es ist wohl bekannt, daß Fibrin, Albumin und thierische Membranen viel mehr in verdünnten Säuren und Alkalien aufschwellen als in reinem Wasser. Andererseits findet, wenn das Verhältniß der Säuren und Alkalien über einen gewissen Punkt, der für jede Substanz ein besonderer ist, steigt, eine Zusammenziehung des Colloïdes statt. Die eben erwähnten Colloïde erlangen in Folge der Berührung mit verdünnten Säuren oder Alkalien die Fähigkeit, sich mit einem stärkeren Verhältniß Wasser zu verbinden und höhere gelatinöse Hydrate zu bilden. Selbst Pergamentpapier wird in alkalischen Lösungen mehr vergrößert als in reinem Wasser. Wenn die Colloïde so mit Wasser angesaugt und erweitert sind, zeigen sie eine außerordentliche osmotische Empfindlichkeit."

Eine Darstellung der Membrandiffusion, die höchst lehrreich und leicht auszuführen, ist die folgende:

Man bohrt eine Höhlung in eine Gelbrübe, wie Fig. 68, so daß die Seiten etwa 1/4 Zoll dick bleiben, und legt eine Portion trockenen gestoßenen Zucker hinein; nach einiger Zeit ist der vorher trockene Zucker in Syrup umgewandelt, indem er

---

*) Die Erklärung, welche Graham für die Volumänderung der Flüssigkeiten bei der Diffusion von Salzlösungen durch Membranen (1861) giebt, stimmt mit der von J. v. Liebig 13 Jahre früher gegebenen überein. S. Ursachen der Säftebewegung von J. v. Liebig, Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1848; auch Annal. d. Ch. u. Ph., 121. Bd., S. 78. (Der Uebersetzer.)

von dem Fleisch der Rübe das Wasser empfängt. Zweifellos dringt auch Zucker in das Parenchym der Rübe.

In gleicher Weise bildet auch der Zucker, wenn er über dünngeschnittene Früchte gestreut wird, in kurzem einen Syrup; ebenso läuft aus frischem Fleisch, wenn es mit Salz geschichtet wird, die Salzlake aus.

Fig. 68.



In diesen Fällen schrumpfen die Früchte wie das Fleisch in Folge des Wasserverlustes ein*).

Graham beobachtete, daß Traganthgummi, welches in Wasser unlöslich ist, einen raschen Durchgang des Wassers durch eine Membran in derselben Weise durch seine wasseraufsaugende Kraft verursachte, obgleich hier keine Osmose oder Auswärtsfließen stattfinden konnte.

Die Anwendung dieser Thatsachen und Grundsätze für die Erklärung der Bewegung der Flüssigkeiten in den Pflanzen liegt offen da. Die Zellen und die aus Zellen zusammengesetzten Gewebe liefern genau die Bedingungen zu Bewegungsäußerungen durch Aufsaugung von Flüssigkeiten, durch einfache Diffusion sowohl wie durch Osmose. Die fortwährenden Störungen, die zu andauernder Erhaltung von Bewegung nöthig sind, findet man in völlig angemessener Weise in den chemischen Veränderungen, welche den Ernährungsproceß begleiten. Die Substanzen, die normal in der Pflanzenzelle vorkommen, sind zahlreich, und sie erleiden merkwürdige Umbildungen sowohl in ihrer chemischen Zusammensetzung wie in ihren physikalischen Eigenschaften. Die rasch diffundirbaren

*) Nach Liebig und Graham's Theorie liegt der Grund darin, daß das Pflanzengewebe ein geringeres Aufsaugungsvermögen für Zuckersyrup, das thierische Gewebe für gesättigtes Salzwasser hat, als für Wasser von geringerem Zucker- oder Salzgehalt, und indem das Wasser des Frucht- oder Fleischsaftes, das erstere mit Zucker, das andere mit Salz gesättigt wird, fließt ein Theil dieses Wassers aus. (Siehe S. 399.)
(Der Uebersetzer.)

Salze, welche der Pflanze aus dem Boden dargeboten werden, und die gleich diffundirbaren organischen Säuren und der Zucker, die in den Blattzellen erzeugt sind, werden zum Theil in die trägen löslichen Colloïde, lösliche Stärke, Dextrin, Eiweiß ꝛc. umgewandelt, oder werden als feste Körper in der Zelle oder auf ihren Wänden abgelagert.

Auf diese Weise sind es nicht die diffundirbaren Bestandtheile der Pflanzen allein, sondern auch die Membranen, die beständigen Veränderungen ihrer Natur unterworfen sind, welche die Osmose verursachen und ihr die Richtung geben. Doch noch mehr, die Pflanze wächst; es werden neue Zellen, neue Membranen, neue Verhältnisse von löslichen und diffundirbaren Substanzen ohne Aufhören ins Leben gerufen. Aufsaugung (Imbibition) durch die Zellenmembranen und ihren festen colloïden Inhalt, Diffusion in den flüssigen Bestandtheilen der einzelnen Zellen und Osmose zwischen den flüssigen und aufgelösten Bestandtheilen und den Membranen oder dem colloïden Inhalte der Zellen muß unvermeidlich stattfinden.

Daß wir den Einzelheiten dieser Thätigkeitsäußerungen in der Pflanze nicht folgen können, schwächt die Thatsache ihrer Wirkung nicht ab. Die Pflanze ist so complicirt und bietet eine solche Zahl und Verschiedenheit der Veränderungen bei ihrem Wachsen dar, daß wir niemals erwarten können alle ihre Geheimnisse zu ergründen. Aus dem, was wir hier kurz erklärt haben, können wir einige der auffallendsten und mehr sichtbaren Bewegungen, die in dem Pflanzenorganismus vor sich gehen, begreifen.

Absorption und Osmose bei der Keimung. Die Absorption von Wasser durch die Samen ist der erste Schritt bei der Keimung. Bringt man den trockenen Samen in feuchtes Erdreich, so saugt die Schale diese Flüssigkeit auf, welche in den Zellwänden von Zelle zu Zelle dringt, bis diese Membranen gesättigt und geschwollen sind. Gleichzeitig ver-

ursachen oder erlauben diese Membranen Osmose in die Zellräume, die, vorher trocken, nun durch die Flüssigkeit ausgedehnt werden. Der lösliche Inhalt der Zellen, oder die Lösungen, die durch die Umbildungen ihrer organisirten Materien entstanden sind, diffundiren auf ihrem Durchgang zu dem sich entfaltenden Embryo von Zelle zu Zelle.

Die Quantität Wasser, die von lufttrockenen Samen gewöhnlich absorbirt wird, beträgt bis zu 50 Procent und kann selbst 100 Procent übersteigen. R. Hoffmann hat Beobachtungen über diesen Gegenstand gemacht (Vers.-Stat. VII, S. 50). Die Absorption war gewöhnlich in 48 bis 72 Stunden vollendet, und betrug dieselbe bei folgenden landwirthschaftlichen Pflanzen:

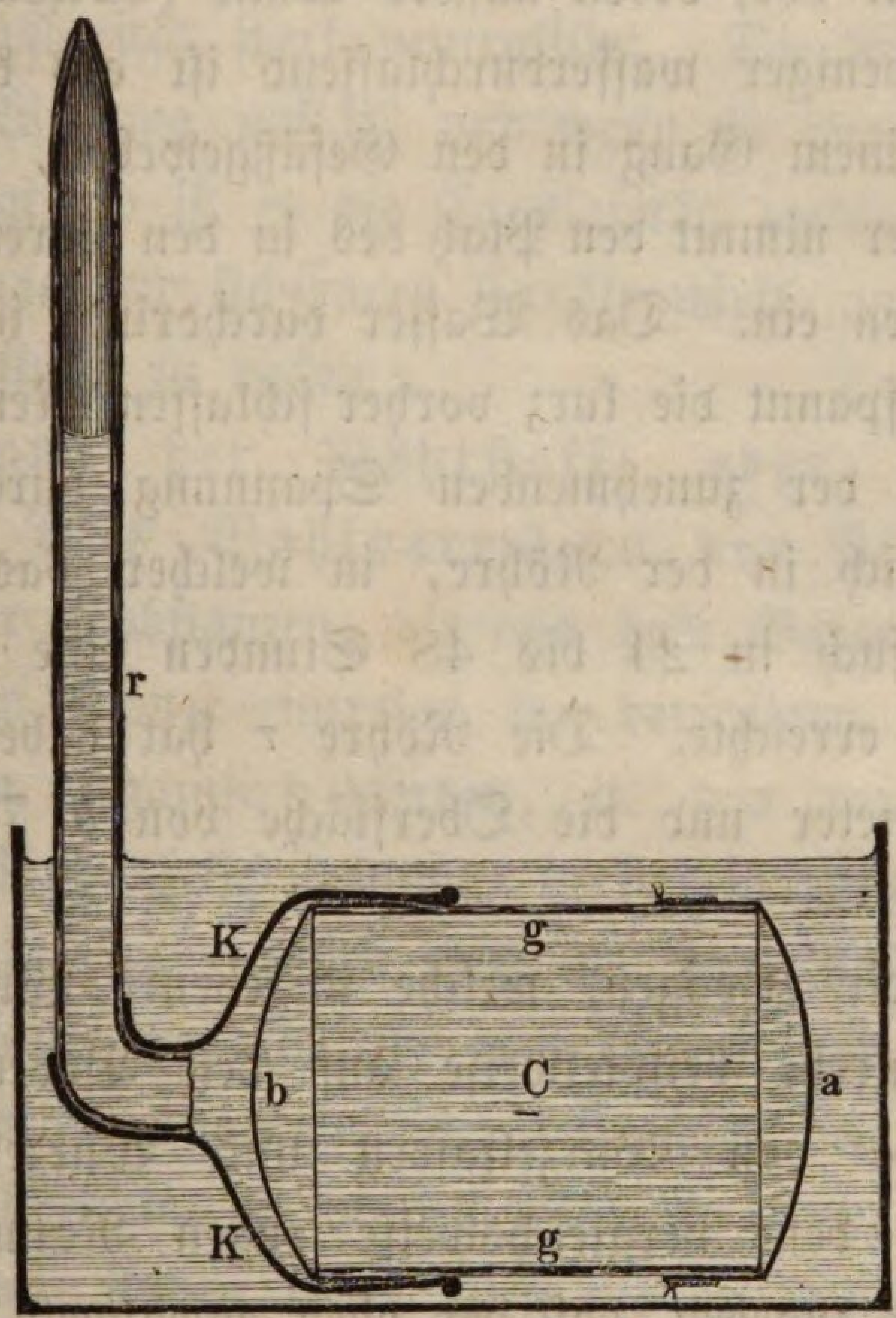
	Procent		Procent
Senf	8,0	Hafer	59,8
Hirse	25,0	Hanf	60,0
Mais	44,0	Schminkbohne	96,1
Weizen	45,5	Pferdebohne	104,0
Buchweizen	46,8	Erbse	106,8
Gerste	48,2	Klee	117,5
Turnips	51,0	Zuckerrübe	120,5
Roggen	57,7	Weißer Klee	126,7

Wurzelthätigkeit. Die Absorption ist bei den Wurzeln ohne Frage eine osmotische Thätigkeit, welche durch die Membranen, welche die jungen Wurzelfasern und Wurzelhaare äußerlich begrenzen, ausgeübt wird. Im Princip unterscheidet sie sich nicht von der Absorption bei den Samen. Die Art und Weise, wie sie die erstaunliche Erscheinung des Blutens oder das rasche Ausfließen des Saftes aus einer Wunde an dem Stamm oder bei größeren Wurzeln verursachen, ist ohne Zweifel im Wesentlichen, wie Hofmeister es zuerst durch einen Versuch erläutert hat.

Das Strömen geht in den Gefäßen und in den dazwischen

liegenden Holzzellen vor sich. Zwischen diesen und dem Boden tritt lockeres Parenchym, das von einer dichteren Oberhaut umgeben ist, ins Mittel. Die Osmose findet in der Epidermis mit solcher Energie statt, daß sie nicht allein die Parenchymzellen aufs äußerste aufschwellt, sondern auch das Wasser zwingt, durch die Zellwände durchzufiltriren und so Zutritt zu den Gefäßen zu erlangen. Die letzteren bilden sich

Fig. 69.



in dem jungen Cambium und haben, wenn sie jung sind, sehr zarte Zellwände.

Fig. 69 stellt einen Apparat von Sachs vor, der den angenommenen Mechanismus und Proceß der Wurzelthätigkeit nachahmt. In der Figur stellt *g*, *g* eine kurze, weite, offene Glasröhre dar; bei *a* ist die Röhre mit einem Stück Schweinsblase überbunden und dicht geschlossen; sie wird dann mit einer Zuckerlösung gefüllt und das andere Ende *b* hierauf in

ähnlicher Weise durch ein Stück Pergamentpapier (S. 59) geschlossen. Endlich wird eine Kappe von vulkanisirtem Kautschuk, *K*, in deren engem Hals eine gebogene Glasröhre, *r*, befestigt ist, über *b* festgebunden. (Diese Verbindung muß sehr sorgfältig und fest gemacht werden.) Der Raum in *r* und *K* wird frei von Flüssigkeit gelassen, und der Apparat wird in ein Gefäß mit Wasser, wie in der Zeichnung, gestellt. *C* stellt die Wurzelzelle vor, deren äußere Wand (cuticula), *a*, unter dem Druck weniger wasserdurchlassend ist als die innere, *b*; *r* entspricht einem Gang in den Gefäßgeweben, und das umgebende Wasser nimmt den Platz des in den Poren des Bodens sich befindenden ein. Das Wasser durchdringt in kurzer Zeit die Zelle *C*, spannt die kurz vorher schlaffen Membranen aus, filtrirt unter der zunehmenden Spannung durch *b* nach *r* und erhebt sich in der Röhre, in welcher das Wasser bei Sachs' Versuch in 24 bis 48 Stunden eine Höhe von 4 oder 5 Zoll erreichte. Die Röhre *r* hat dabei eine Weite von 5 Millimeter und die Oberfläche von *b* 700 Quadratmillimeter.

Wenn wir erwägen, welche ungeheure Wurzeloberfläche bei der Weinrebe beispielweise auf den Boden wirkt und daß Tausende von Wurzelfasern und Wurzelhaaren ihre Thätigkeit in dem vergleichsweise engen Raum vereinigen, so müssen wir zugeben, daß der oben gezeichnete Apparat uns einen sehr befriedigenden Einblick in die Ursachen des Blutens gewährt.

Rasche Bewegung des Saftes in dem Stamm. In dem Stamm der Pflanzen findet gewöhnlich ein gewisser Widerstand gegen die Wurzelthätigkeitstatt, insofern die Bewegung der Flüssigkeit von dieser abhängt. Die Gänge und Siebzellen — bei Coniferen die Holzzellen — sind, obgleich sie sichtbare fortlaufende Canäe für den Durchgang der Säfte darbieten, dessenungeachtet in den meisten Fällen außerordentlich klein, und während

sie die Flüssigkeiten mit einer sehr starken capillaren Kraft heben, halten sie auch dieselben mit gleicher Kraft fest, und die fortdauernde Bewegung kann daher nur die Folge einer entsprechend energischen Störung sein. Die Wurzelthätigkeit, welche eine Quecksilbersäule von vielen Zollen oder eine viele Fuß hohe Wassersäule in einer weiten Röhre erhalten kann, wird mit dem Hinaufsteigen von der Wurzel zum Stamm, oder von den äußersten jungen Spitzen bis zur Hauptwurzel, durch die Capilarität stark neutralisirt. Die Wurzelthätigkeit ist in ihrer Wirkung unstät, und wenn sie durch irgend eine Ursache versagt, so ist es die Capillarität, welche rasch innerhalb der Gänge und sichtbaren Canäle wirkt, um den Verlust durch Verdunstung zu decken.

Bewegung der Nährstoffe oder aufgelöster Materien. Das Wahlvermögen der Pflanze. Die Bewegung der Substanzen, die aus dem Boden in gelöstem Zustande in die Pflanze eintreten, und derjenigen, welche innerhalb derselben organisirt werden, ist von der Bewegung, welche das Wasser selbst nimmt, in hohem Grade geschieden und unabhängig. Zur selben Zeit, wo das Wasser aufwärts durch die Pflanze strömt, um den Verlust der Verdunstung durch die Blätter auszugleichen, diffundirt der Zucker oder andere Kohlenhydrate, die in den Blättern erzeugt sind, gegen das Wasser und finden ihren Weg bis zu den Wurzelspitzen herab. Diese Diffusion findet größtentheils im Parenchym statt und wird zweifellos wesentlich durch Osmose unterstützt, wie z. B. durch die Wirkung der Membran selbst. Gerade die Verdickung der Zellwände durch die Ablagerung von Cellulose dürfte eine Anziehung des Materials, aus dem die Cellulose organisirt wird, veranlassen. Dieselben Ueberführungen gehen gleichzeitig nach allen Richtungen hin, nicht bloß zu den Wurzeln und dem Stamm, sondern auch zu den neuen Knospen, in die Blüthen und die Früchte. Wir haben bereits

das Bestreben von zwei Flüssigkeiten, die durch eine durchdringbare Membran von einander geschieden sind, sich gegenseitig auszugleichen, in Betracht gezogen. Dieses Bestreben bringt für den Organismus der Pflanze das Gesetz zur Geltung, daß Nachfrage das Angebot hervorruft.

In zwei sich berührenden Zellen, von welchen die eine eine Zuckerlösung enthält, die andere eine Lösung von salpetersaurem Kali, müssen diese Substanzen diffundiren, bis sie gleichförmig gemischt sind, wenn nicht thatsächlich die Membran oder eine andere vorhandene Substanz eine entgegengesetzte und überwiegende Anziehung ausübt.

In den einfachsten Erscheinungen der Diffusion ist jede Substanz bis zu einem gewissen Grade unabhängig von jeder anderen.

Salpetersaures Kali muß im Boden in Wasser gelöst in die Wurzelzellen einer Pflanze diffundiren, wenn es in dem Saft dieser Wurzelzelle fehlt und die Membran seinen Durchgang erlaubt. Wenn die Wurzelzellen ein gewisses Verhältniß von salpetersaurem Kali erreicht haben, das dem Nitrat in dem Bodenwasser gleich ist, so kann letzteres nicht mehr in dieselben eintreten. Sobald ein Molecül des Salzes in eine andere Zelle getreten ist oder aus dem Safte durch eine chemische Umbildung entfernt ist, dann kann und muß wieder ein Molecül von außen eintreten.

Die Kieselsäure ist in den Gräsern und Cerealien viel reichlicher als in den Leguminosen vorhanden. In den ersteren kommen in 1000 Theilen der lufttrockenen Halme ungefähr 25 Theile vor, während die Blätter und Stengel der letzteren nur 3 Theile enthalten. (Siehe Wolf's Tafel im Anhang.) Wenn diese Pflanzen Seite an Seite wachsen, so befinden sich ihre Wurzeln in demselben Bodenwasser. Die Kieselsäure tritt in beide gleich ein, und soweit sie selbst ins Spiel kommt, bringt sie den Zelleninhalt zu demselben Grad der

Sättigung, der im Boden sich findet. Die Cerealien sind fähig die Kieselsäure zu verwenden, indem sie dieselbe in ihre Cuticularzellen ablagern; die Leguminosen andererseits können dieselbe nicht aus ihren Säften entfernen; die letzteren bleiben gesättigt, und hierdurch wird eine fernere Diffusion der Kieselsäure von außen unmöglich, es sei denn, daß durch frisches Wachsen von Neuem wieder Platz für sie gemacht wird.

Auf diese Weise haben wir eine vernünftige und entsprechende Erklärung für das Wahlvermögen der Pflanzen, wie es sich in dem Verhalten gegen das Medium, das ihre Wurzeln umgiebt, äußert. Dieselben Principien beherrschen innerhalb der Pflanzen den Uebergang der Materien von Zelle zu Zelle oder von Organ zu Organ.

Wo immer eine ungleiche Zusammensetzung von zwei mischbaren Säften vorkommt, tritt eine Diffusion ein und schreitet so lange fort, als die Ursache der Störung dauert, vorausgesetzt, daß undurchdringbare Membranen es nicht verhindern. Die Bewegung des Wassers ist eine rasche, weil ein großer Verlust dieser Flüssigkeit stattfindet; die langsame Bewegung der Kieselsäure ist eine Folge des geringen Gebrauchs, der in der Pflanze für dieselbe waltet.

Es kann durch Osmose starke chemische Verwandtschaft überwunden werden. Schon lange Zeit hat Graham die Zersetzung von Alaun (schwefelsaure Thonerde und Kali) durch bloße Diffusion beobachtet, indem sein schwefelsaures Kali in höherem Grade diffundirt als seine schwefelsaure Thonerde.

In gleicher Weise trennt sich saures schwefelsaures Kali, in Berührung mit Wasser gebracht, in schwefelsaures Kali und freie Schwefelsäure.

Wir haben (S. 184 bis 185) gesehen, daß die Pflanzen, wenn sie in Salzlösungen vegetiren, im Stande sind diese zu zersetzen. Sie trennen die Bestandtheile von salpetersaurem Kali, indem sie sich die Salpetersäure aneignen und die Base

sich in der Flüssigkeit anhäufen lassen. Sie lösen die Verbindung von Chlor mit Ammonium, indem sie Ammoniak aufnehmen und Chlor verwerfen. Wir können die Art der Thätigkeit der Pflanzen in diesen Fällen nicht erklären, aber aus Analogien schließen, daß keine anderen als die uns schon bekannten Kräfte mitwirken.

Die Albuminate sind in ihrer gewöhnlichen Form colloide Körper und von sehr langsamer Diffusion durch Flüssigkeiten. Sie gehen schwach durch eine Membran von Nitrocellulose (Schuhmacher), können aber kaum Pergamentpapier durchdringen (Graham).

In der Pflanze finden sie sich vorzugsweise in den Siebzellen und in den anliegenden Theilen des Cambiums. Da sie zu ihrer Bildung das Mitwirken von Kohlenhydraten und einem Nitrate erfordern, so werden sie nicht unwahrscheinlich im Cambium selbst erzeugt, denn hier kommen die aus den Blättern herabsteigenden Kohlenhydrate mit den Nitraten, die von dem Boden aufsteigen, in Berührung. Andererseits werden die Albuminate in einigen ihrer Verbindungen mehr diffundibel. Schuhmacher behauptet, daß die Carbonate und Phosphate der Alkalien die Osmose des Albumins durch Membranen von Nitrocellulose beträchtlich vermehren. (Physik der Pflanze, S. 128.) Es ist wahrscheinlich, daß diejenigen Combinationen oder Modificationen von Albuminaten, welche in Form von löslichen Krystalloïden der Aleuronen (S. 109) und von Hämaglobin (S. 98) vorkommen, leicht diffundirbar sind.

Die Thatsache, daß sie die Form von Krystallen haben, ist an und für sich ein muthmaßlicher Beweis dieser Ansicht, der durch einen Versuch geprüft zu werden verdient.

Gasförmige Körper, besonders die Kohlensäure und der Sauerstoff der Atmosphäre, welche freien Zutritt zu den Intercellularräumen der Blätter haben und welche vorwiegend nur die größeren Gänge erfüllen, können durch Osmose, nachdem

sie im Safte aufgelöst oder anderweitig von dem Zellinhalte absorbirt sind, durch die ganze Pflanze vertheilt werden.

Einfluß der Membranen. Die scharfe Trennung ungleich zusammengesetzter Säfte und löslicher Materien in den Pflanzen zeigt das Vorhandensein einer bemerkenswerthen Verschiedenheit in der Anziehung. In orange gefärbten Blumen finden wir bei mikroskopischer Untersuchung, daß diese Färbung durch die vereinigte Wirkung von gelben und rothen Farbstoffen erzeugt wird, welche in den Zellen der Blumenblätter enthalten sind. Die eine Zelle ist mit gelbem Farbstoff gefüllt, die anstoßende mit rothem, aber diese zwei Farben sind niemals in derselben Zelle enthalten.

In Früchten haben wir Farbstoffe von starkfärbender Kraft und leicht löslich in Wasser, aber sie verlassen niemals die Zellen, wo sie erscheinen, und wandern niemals in die anliegenden Theile der Pflanze. In dem Stengel und den Blättern von Löwenzahn, Lattich und vielen anderen Pflanzen ist ein weißer, milchiger und bitterer Saft enthalten, aber er ist streng auf gewisse besondere Gänge beschränkt und geht sichtlich niemals über dieselben hinaus. Die locker vertheilten Zellen im Innern der Blätter enthalten Chlorophyllkörner, aber diese Substanz erscheint nicht in den Epidermalzellen, diejenigen der Spaltöffnungen ausgenommen. Sachs fand, daß eine Indigolösung rasch in die Wurzeln eines Bohnenkeimlings eintrat, aber eine beträchtliche Zeit brauchte, um den Stamm zu durchdringen (S. 269).

Hallier beobachtete in seinen Versuchen über die Absorption gefärbter Flüssigkeiten bei den Pflanzen in allen Fällen, wenn Blätter und grüne Stengel in Indigolösungen oder in schwarzen Kirschensaft eingetaucht wurden, daß die Farben rasch eintraten und die Epidermis färbten, ebenso die Gefäße, das Cambium und das Parenchym der Adern der Blätter, indem sie sich streng an den Zellwänden hielten, aber in keinem

Falle irgend eine Farbe den Zellen, die Chlorophyll enthielten, mittheilten. (Phytopathologie, Leipzig, 1869, S. 67.) Wir müssen entweder annehmen, daß die färbenden Materien nicht in die Zellen, die von Chlorophyll eingenommen sind, eindringen, oder, daß sie beim Eintreten in dieselben chemisch in farblose Stoffe umgewandelt werden, was weniger wahrscheinlich ist.

Sachs hat in zahlreichen Fällen gezeigt, daß die Säfte der Siebzellen und des Cambiums alkalisch sind, während die anstoßenden Parenchymzellen, wenn sie mit Reagenspapier geprüft werden, sauer sind. (Exp.-Phys. der Pflanzen, S. 394.)

Wenn junge und thätige Zellen mit Jodlösung befeuchtet werden, so dringt diese Substanz durch die Cellulose, ohne sichtbare Veränderungen hervorzurufen, aber wenn sie auf das Protoplasma wirkt, so trennt sich das letztere von der äußeren Zellwand und zieht sich gegen die Mitte des Hohlraums zusammen, als wenn dessen Inhalt herausgetreten wäre, ohne daß eine entsprechende Endosmose möglich wäre (S. 252).

Wir können aus dieser Thatsache schließen, daß die Zellmembranen fähig sind, die Trennung von Substanzen, die eine beträchtliche Anziehung für einander haben, zu bewirken und zu erhalten, und dieses Resultat offenbar vollbringen, indem sie selbst eine höhere anziehende oder abstoßende Kraft ausüben.

Der Einfluß der Membranen ist in seinem Charakter verschieden, je nach den Aenderungen in ihrer chemischen Zusammensetzung wie in ihrem Bau, die in Folge des Wachsens oder irgend einer anderen Ursache entstehen. In Folge dessen wird die Assimilation der äußeren Nahrung durch die Pflanze bald mehr durch die eine Classe der näheren Bestandtheile, wie der Kohlenhydrate, bestimmt werden, und bald mehr durch die anderen, wie die Albuminate, wenn auch der Vorrath von

Nährstoffen, der zur Verfügung steht, sich gleich bleibt, sowohl in totaler wie in relativer Menge.

Wenn eine Scheibe einer Rothrübe gewaschen und dann in Wasser gelegt wird, so löst sich der Farbstoff, welcher ihr die Farbe giebt, nicht leicht auf und diffundirt nicht aus den Zellen, sondern das Wasser bleibt mehrere Tage farblos. Der Farbstoff ist jedoch in Wasser löslich, wie man sofort sieht, wenn die Rübe ausgepreßt wird, wodurch die Zellen mit Gewalt aufgebrochen und ihres Inhalts beraubt werden. Die Zellmembranen der unverletzten Wurzel sind also offenbar im Stande, dem Lösungsvermögen des Wassers auf den Farbstoff zu widerstehen und den letzteren an einer Diffusion zu hindern. Unterwirft man eine Rübenscheibe der Kälte, so daß sie durch und durch friert, und legt sie dann in warmes Wasser, so daß sie schnell aufthaut, so wird dasselbe sofort tief roth gefärbt. Das plötzliche Thauen des Wassers in den Poren der Zellmembranen hat dieselben so geändert, daß sie nicht länger das diffundible Streben des Pigmentes hindern können (Sachs).

§ 4.

Mechanische Wirkung der Osmose in den Pflanzen.

Die Osmose von Wasser von außen in die Zellen der Pflanze kann nicht verfehlen eine große mechanische Wirkung auf die Wachsthumserscheinungen zu üben, gleichviel, ob sie an der Wurzeloberfläche, in den Knospen oder in irgend einem dazwischen liegenden Punkte, wo chemische Veränderungen vorgehen, stattfindet.

Man sollte erwarten, daß die Wurzelthätigkeit zum Beispiel, die, wie wir gesehen, oft hinreicht, einen beträchtlichen hydrostatischen Druck zu überwinden, die Entwicklung der Knospen und jungen Blätter beschleunigt, um so mehr, da die gewöhnliche Beobachtung zeigt, daß sie in perennirenden Pflanzen, wie bei

Fig. 70.



dem Ahornbaume und dem Weinstock, in der Zeit, wo sie ihre Blätter entfalten, am stärksten sich äußert. Der Versuch beweist, daß dies wirklich der Fall ist.

Wenn man im Winter eine Ruthe von einem Baume schneidet und dieselbe in einen Raum setzt, der Sommertemperatur hat, so geben die vorher schlafenden Knospen sofort Zeichen von Wachsthum, und wenn das abgeschnittene Ende in Wasser eingetaucht wird, so vergrößern sich die Blätter in ganz normaler Weise, so lange die nährenden Substanzen der Ruthe ausreichen, oder bis die Gewebe an der Schnittfläche zu verwesen anfangen. Die Sommertemperatur ist die Ursache, welche die chemischen Veränderungen anregt, die beim Wachsthum stattfinden. Das Wasser ist nothwendig, um die sich ausdehnenden und neubildenden Zellen zu erfüllen und um das Transportmittel für die Versetzung der Nährstoffe aus dem Holz in die Knospen abzugeben. Das Wasser tritt durch Absorption oder Capillarität in den abgeschnittenen Zweig, nicht blos in genügender Menge, um den Verlust durch Verdunstung zu decken, sondern es wird auch durch die in den wachsenden Zellen wirkende Osmose aufgesaugt Unter denselben Temperaturverhältnissen entfalten die Zweige, welche mit thätigen Wurzeln verbunden sind, ihre Blätter

früher und schneller als die abgeschnittenen Ruthen. Ein künstlicher Druck auf das Wasser, welches den letzteren dargeboten wird, wirkt mit dem ähnlichen Erfolg wie der natürliche Druck, der durch die Wurzelthätigkeit ausgeübt wird.

Diese Thatsache wurde von Böhm (Sitzungsberichte der Wiener Akademie, 1863) durch einen Versuch, der durch den nebenstehenden Holzstich (Fig. 70) erläutert sein mag, dargethan.

Eine Ruthe mit Knospen wurde vermittelst eines durchbohrten Korkes in das eine Ende eines kurzen, weiten Glasrohres, welches unten durch einen anderen Kork geschlossen ist, luftdicht befestigt. Durch den unteren Kork geht eine enge Heberröhre, *B*. Das abgeschnittene Ende der Ruthe ist in Wasser, *W*, eingetaucht, welches durch Eingießen von Quecksilber in das obere Ende der Heberröhre einem Druck ausgesetzt wird.

Ruthen von Roßkastanien und vom Weinstock, die im Februar und März abgeschnitten waren und auf diese Weise behandelt wurden, wobei der Druck des Quecksilbers gleich 6 bis 8 Zoll über der Oberfläche, *M*, war, entfalteten nach 4 bis 6 Wochen ihre Knospen mit normaler Kraft, während Ruthen unter ähnlichen Verhältnissen, aber ohne Druck, ihre Blätter 4 bis 8 Tage später und sichtlich weniger kräftig entfalteten.

Fr. Schulze (Karsten's Botan. Untersuch., Berlin II, 143) fand, daß abgeschnittene Ruthen von Roßkastanien, Schotendorn, Weiden und Rosen, die in gleicher Weise einem hydrostatischen Drucke unterworfen waren, ihre Blätter viel länger vollsaftig erhielten und ihre Blätter und Blüthen viel weiter entwickelten als Ruthen, die nur einfach in Wasser eingetaucht waren.

Die Wassermenge in dem Boden beeinflußt sowohl die absolute als relative Menge dieses Bestandtheils der Pflanzen.

Es ist eine ganz gewöhnliche Beobachtung, daß regnerisches Frühjahrswetter einen üppigen Wuchs von Gras und Stroh verursacht, während der Ertrag an Heu und Getreide nicht entsprechend vergrößert wird. Die Wurzelthätigkeit muß bei sonst gleichen Verhältnissen in einem beinahe gesättigten Boden mit größerem Erfolg wirken als in einem weniger feuchten Boden, und die jungen Zellen einer Pflanze, die sich im ersteren befinden, müssen einem größeren inneren Druck unterworfen sein als die, welche in dem letzteren wachsen, und müssen in Folge dessen größere Verhältnisse annehmen. Es ist nicht ungewöhnlich, daß man bei fleischigen Wurzeln, besonders bei Rettigen, welche in Mistbeeten gezogen sind, findet, daß sie sich der Länge nach spalten, und Hallier erwähnt als Thatsache, daß eine gesunde Petersilienwurzel aufsprang, nachdem sie zwei oder drei Tage in Wasser eingetaucht war (Phytopathologie, S. 87). Diese mechanische Wirkung ist thatsächlich gewöhnlich mit anderen, die von reichlicher Ernährung herrühren, verbunden, aber der vermehrte Umfang einer Pflanze, ohne entsprechende Vermehrung ihrer Trockensubstanz, ist ohne Zweifel großentheils die Folge von starker Wasserzufuhr zu den Wurzeln und einer kräftigen Osmose in der an Umfang zunehmenden Pflanze.

§ 5.

Richtung des Wachsthums bei Pflanzen.

Eine der am meisten auffallenden Eigenthümlichkeiten der Pflanzen ist, daß die Wurzeln und Stengel einer Pflanze mehr oder weniger regelmäßige und meist entgegengesetzte Richtungen beim Wachsen annehmen.

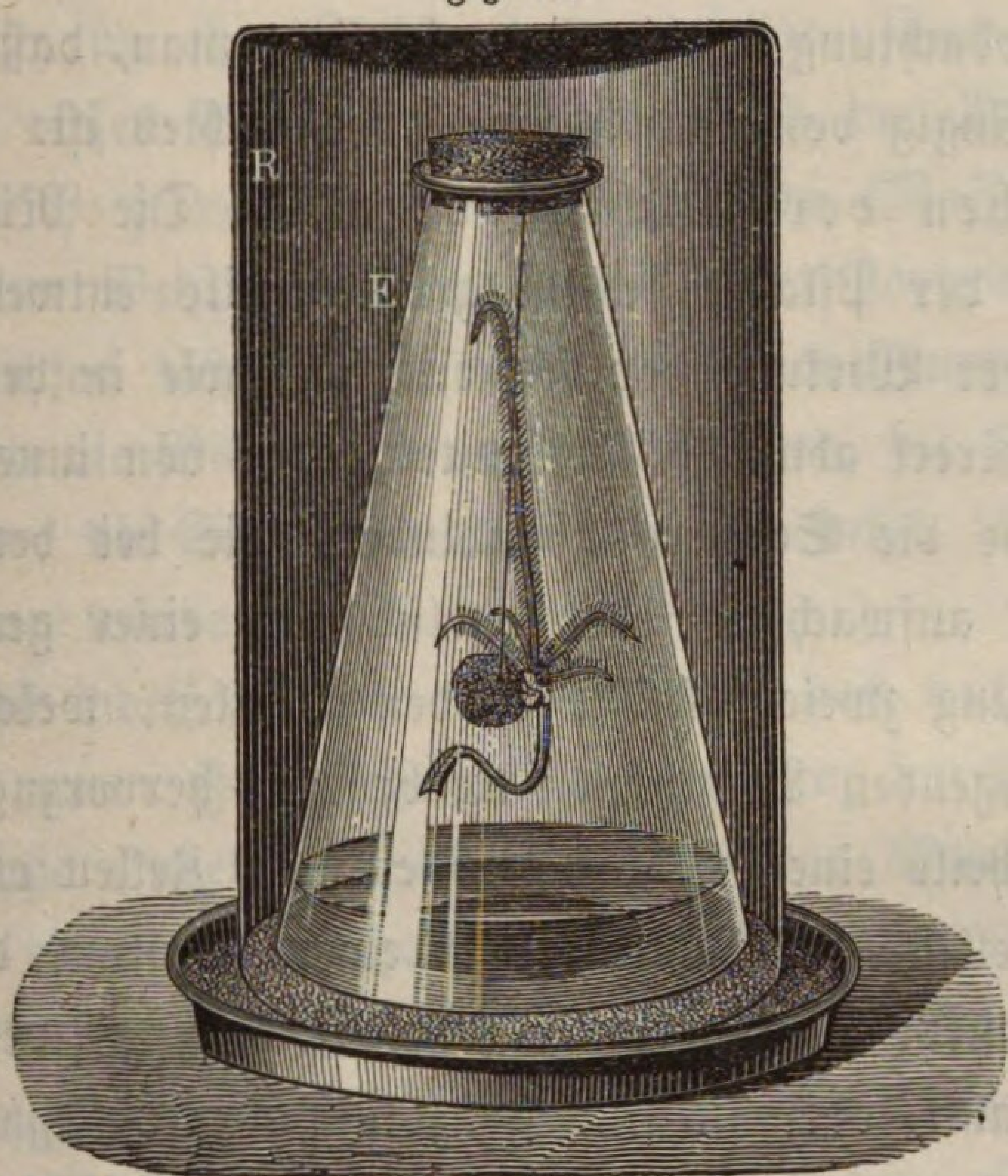
Die Wurzeln wachsen im Allgemeinen abwärts; Stengel in der Regel aufwärts, doch ist dies keineswegs eine überall gültige Regel. Wurzeln und Stengel zeigen oft an verschie-

denen Stellen und zu verschiedenen Zeiten ihres Wachsthums eine Neigung sowohl nach oben als nach unten zu wachsen.

Sachs beschreibt die folgende Methode, um die Neigungsrichtung der Wurzel und des Stammes zu beobachten:

E in Fig. 71 ist eine Glasflasche, die etwas Wasser enthält; sie ist oben durch einen Kork geschlossen, an welchem ein junger Keimling vermittelst eines Fadens aufgehängt ist.

Fig. 71.



Die Flasche steht auf einer Platte mit Sand und wird vor dem Licht durch einen Cylinder von Pappdeckel, *R*, geschützt; die unteren Ränder desselben sind in den Sand gepreßt. Das Wasser in der Flasche hält die eingeschlossene Luft in einem feuchten Zustande. In dem Versuche wurde ein gekeimtes Korn von Brunnenkresse (Tropaeolum majus), das ein vollständig geradabsteigendes Würzelchen hatte, gegen Abend so in dem Apparat aufgehängt, daß seine Wurzeln nach oben standen und die Keimblätter nach unten. Am folgenden Morgen hatte der Keimling das Aussehen wie in der Zeichnung.

Während der Nacht bog sich die Spitze der Wurzel über, und die Keimblättchen richteten sich sichtlich aufwärts. Führt man einen gleichen Versuch eine Woche und länger fort, so wächst die Wurzel in das Wasser, und der Stamm erreicht den Kork. So oft die Stellung des Keimlings umgekehrt wird, so oft ändern die Wurzel und der Stamm die Richtung ihres Wachsthums. Da dieser Versuch bei totaler Dunkelheit ausgeführt wird, mit Ausnahme der kurzen Zwischenräume, die für die Beobachtung nöthig sind, so sieht man, daß die Richtung unabhängig von der Wirkung des Lichtes ist.

Ursachen der Richtungskraft. Die Richtung im Wachsthum der Pflanze scheint größtentheils entweder einfach als Folge der Wirkung der Gravitation, wie in den Theilen, welche sich direct abwärts ausbreiten, oder von innerer Spannung, welche die Schwere überwindet, wie bei den Theilen, die senkrecht aufwachsen, oder endlich aus einer gemeinschaftlichen Wirkung zweier Kräfte in den Theilen, welche sich in dazwischenliegenden Richtungen ausbreiten, hervorzugehen.

Die Theile einer Pflanze, ob einzelne Zellen oder Aggregate von Zellen, sind entweder in einem Zustand der Spannung, der mehr oder weniger stark ist und zu verschiedenen Zeiten schwankt, oder sie sind ganz unthätig.

Im Allgemeinen herrscht die Spannung in den meisten Theilen der gewöhnlichen Pflanzen vor; die völlig ausgebildeten Wurzeln, Stengel, Blätter ꝛc. behalten ihre beziehungsweise Stellung gegen ihnen widerstrebende Kräfte bei, und wenn sie gebogen werden, erheben sie sich mit mehr oder weniger Elasticität und Vollständigkeit wieder in ihre vorher eingenommene Stellung.

Es giebt indessen Stellen, wo keine Spannung vorhanden oder wo sie gleich stark nach allen Seiten hin ausgeübt wird, und wo sie deshalb unfähig ist, dem Wachsthum eine Richtung zu geben. Dies kann der Fall sein, wo das Gewebe aus-

chließlich aus neugebildeten und unreifen Zellen besteht, die zarte Wände und nur wenig Festigkeit besitzen und plastisch sind, gleich halbflüssigen Substanzen. Unter solchen Wachsthumsverhältnissen folgt die Zelle dem Druck der Schwere oder irgend einer anderen äußeren Kraft, die zufällig angewendet wird.

Einfluß der Schwere. Die meisten jungen Wurzeln sind in diesem passiven Zustand in der Nähe der Spitzen, in der Gegend, wo ihre Verlängerung erfolgt. Das neue Wachsthum an diesen Punkten gehorcht einfach der Anziehung der Erde, gleich jeder anderen nachgebenden Masse, und eine Wurzel zum Beispiel, die man auf einer horizontalen Glasplatte wachsen läßt, wird durch die Ausdehnung der jungen Zellen und die Bildung neuer vorgeschoben, bis sie den Rand erreicht, wo die Spitze sich dann abwärts neigt, wie ein nasser Strick thun würde.

Wenn indessen, was oft vorkommt, das nachgebende Gewebe der neuen Zellen theilweise oder ganz durch eine steifere Wurzelkappe eingehüllt wird, so kann das Streben nach abwärts in einem entsprechenden Grade überwunden werden.

In diesem Falle behält die Spitze mehr oder weniger die bereits angenommene Richtung der Wurzel bei; sie gleicht dann in ihrem Wachsthum einer halbgeschmolzenen Substanz, die aus einer Röhre hervordringt und bei ihrem Heraustreten erstarrt. Der passive Theil der Wurzel wird mit der wachsenden Wurzel vorwärts geschoben; die Zellen, die heute der Schwerkraft nachgeben, werden morgen so steif und so fest untereinander verwachsen, daß sie dem Streben dieser Kraft, die sie zwingt senkrecht zu gehen, widerstehen, während darunter neue Zellen entwickelt werden, welche sich nach der Schwerkraft richten.

Innere Spannung. In dem aufwärtswachsenden Stamm befinden sich die verschiedenen parallelen und con-

centrischen Gewebe, wie die Oberhaut, das Zellgewebe der Rinde, die Holzzellen und Gefäße und das Mark, in einem ungleichen Zustand der Spannung.

Dies beweisen wohlbekannte Thatsachen. Wenn ein hohler, saftiger Stengel, wie der, welcher eine Löwenzahnblüthe trägt, der Länge nach gespalten wird, so biegen sich die Theile von einander weg — so)(— und können mit geringer Nachhülfe in eine flache Scheibe zusammengerollt werden.

Dieselbe Trennung der Hälften kann man in jedem saftigen Stengel beobachten, vorausgesetzt, daß er frisch und prall von Saft ist. Es ist daher klar, daß die Markzellen des wachsenden Stengels durch die Oberhaut zusammengepreßt sind, mit anderen Worten, die Markzellen sind im Zustand der Spannung, während die Oberhautzellen indirect durch diese innere Spannung der Markzellen gespannt sind. Die nähere Untersuchung zeigt, daß dieser Gegenstand von etwas verwickelterer Natur ist. Wenn wir die Haut von dem Stengel eines Gartenrhabarbers ziehen, so bemerken wir, daß sie sich in eine Scheibe oder Spirale aufrollt. Die Haut besteht aus der wahren Epidermis mit einer Bekleidung von anhängendem Parenchym. Die Spannung des letzteren und die Unthätigkeit der ersteren verursacht die Krümmung. Die weitere Trennung zeigt, daß im Allgemeinen die Epidermis, die Holzzellen und die Gefäßbündel sich passiv verhalten, während das Parenchym der Rinde und des Markes und die entsprechenden Zellgewebe der Blätter gespannt sind.

Es folgt aus diesen Beobachtungen, daß die Länge der frisch wachsenden Stengel verschieden von der Länge ihrer Theile sein muß, wenn sie von einander getrennt sind. Wenn wir einen saftigen Stengel der Länge nach in Mark, Holz und Rinde oder in die diesen entsprechenden Theile trennen und sie genau messen, so finden wir in der That, daß sie in der Länge unter sich und von dem Stengel als

Ganzes verschieden sind. Das Mark verlängert sich, wenn dasselbe von Holz losgelöst wird, das Holz verkürzt sich, und die Rinde verkürzt sich noch mehr. In dem ursprünglichen Stengel streckt das Parenchym, das mit den Gefäßbündeln verbunden ist, letztere und wird gleichzeitig von diesen zurückgehalten.

Wenn sie durch ein Messer von einander getrent werden, wird das eine frei und kann sich ausdehnen, und die anderen können sich verkürzen. Sachs giebt die folgenden vergleichenden Messungen von dem Stengel einer Tabackpflanze und von seinen Theilen nach der Trennung. Die Länge des Stengels zu 100 angenommen, hat in Länge:

der ganze Stamm	100
die Rinde	94,1
das Holz	98,5
das Mark	102,9.

Die Ursachen der Spannung. Der gespannte Zustand beträchtlich entwickelter Stengel hängt theilweise von der ungleichen Ernährung der verschiedenen Gewebe ab; die Theile, bei deren raschem Wachsthum eine Zellenvervielfältigung stattfindet, üben thatsächlich eine Spannung aus. In der einfachen Zelle kann eine ähnliche Spannung bestehen wie die, welche durch das Bestreben der Cambiumschicht sich über die Grenzen der Zellwände auszudehnen verursacht wird. Eine andere Ursache ist die verschiedene Auffaugungsfähigkeit und die osmotische Kraft der Zellen für die Säfte. Wenn ein frischer Stengel oder ein Blatt einige Procente Wasser verliert, so wird es schlaff, und soweit es nicht von verhärteten Holzgeweben unterstützt wird, hat es keine Kraft sich selbst aufrecht zu erhalten und beugt sich aus seiner aufrechten Stellung. Schneidet man den schlaffen Stengel der Länge nach durch, so krümmen sich die Hälften nicht mehr seitwärts, und die in dem frischen Stengel bemerkte Spannung findet sich nicht mehr vor. Wird das Wasser wieder durch die

Wurzeln ersetzt, so erlangt er sowohl die normale Vollsaftigkeit als auch die ursprüngliche gerade Stellung wieder. In dem Zellgewebe sind, so lange sich die Spannung bemerklich macht, die Zellen selbst völlig mit Saft angefüllt und ausgedehnt und enthalten ein stark osmotisches Protoplasma; die Gefäßbündel, die das Resultat des Alters und der Veränderungen des Zellgewebes sind, haben deshalb auch festere Wände und sind weniger empfindlich für mechanischen Druck.

Das Aufwärtswachsen. Wenn ein Stengel, dessen Terminalknospen in einem Zustand sehr ungleicher Spannung sind, in eine horizontale Stellung gebracht wird, so findet man, daß bei dem Weiterwachsen die Spitze sich aufwärts krümmt, bis sie senkrecht geworden ist. Dies beruht auf der Thatsache, daß, während der ganze wachsende Theil sich verlängert, sich die untere Seite am schnellsten ausdehnt.

Hofmeister hat nun gezeigt, daß die Krümmung nicht die Folge einer vermehrten Spannung des Zellgewebes auf dem unteren Längendurchschnitt des Stengels ist, sondern nur auf einer vermehrten Ausdehnbarkeit dieses Theils der Oberhaut und der Gefäßbündel beruht, denn bei einer Entfernung der ganzen Oberhaut eines gekrümmten Zwiebelstengels wurde die Krümmung weder vermehrt noch vermindert.

Es bleibt nun die Frage, warum die passiven Theile der unteren Seite des Stengels, die aus der senkrechten Lage gebracht sind, eine größere Ausdehnung durch den Druck der rasch wachsenden Gewebe zulassen als diejenigen der oberen Seite?

Die einzige Ursache, die man bisher dafür bezeichnete, ist die Wirkung der Schwerkraft auf die Säfte der Gewebe. In einem Stengel, der aus seiner senkrechten Lage gebogen ist, erleiden die Zellen der unteren Seite nicht nur den allgemeinen Druck des Wassers, welcher das Ganze aufschwellen macht, sondern es kommt noch dazu, daß sie einen Theil des

Gewichtes (Druckes) der Flüssigkeit in den oberen Zellen auszuhalten haben. Sie sind mit anderen Worten nicht nur dem gleichen hydraulischen Druck, der von den Wurzeln ausgeht, unterworfen, sondern auch einem leichten hydrostatischen Druck der obenaufliegenden Zellen. Dieser erzeugt die größere Ausdehnung der unteren passiven Gewebe und erklärt die Biegung nach aufwärts. Wenn der Stengel wieder aufgerichtet ist, wird der hydrostatische Druck auf beiden Seiten des Stengels gleich, und der letztere wird demnach in seiner Stellung erhalten. (Hofmeister, Sachs.)

Wirkung des Lichtes. Neben dem Einfluß der Schwerkraft und der inneren Spannung muß das Sonnenlicht als eine Ursache betrachtet werden, die bei der Erzeugung der mehr verwickelten Richtungserscheinungen der wachsenden Pflanze kräftig mitwirkt. Wie es denn wohlbekannt ist, beugen sich die Stengel, Blätter und Wurzeln von Pflanzen, wenn sie an Orten wachsen, wo sie ungleich beleuchtet sind, wie an einem Fenster, in den meisten Fällen nach dem Lichte hin. Seltener wird die Wendung vom Licht hinweg beobachtet, wie z. B. bei dem Stengel vom Epheu (Hedera helix) oder den jungen Wurzelfasern der Mistel (Viscum album). Die gemeine Brunnenkresse zeigt bei dem jungen Stengel eine Neigung gegen das Licht zu, bei dem älteren Stengel eine Abneigung von dem Lichte. Die Blätter richten sich immer gegen das Licht, die Wurzeln, die im Wasser wachsen, wenden sich oft gegen das Licht, oft wenden sie sich ab.

Anhang.

Tafel I.

Mittlere procentische Zusammensetzung der Asche der land- und forstwirthschaftlich wichtigen Stoffe, und die Gesammtmenge der Asche in der wasserfreien Substanz, von Professor E. Wolf (Hohenheim).

Nr.	Bezeichnung der Stoffe.	Analys.	Aschen-proc.	KO.	NaO.	MgO.	CaO.	PO^5.	SO^3.	SiO^2.	Cl.
	I. Wiesenheu und Gräser.										
1	Wiesenheu	13	7,78	25,6	7,0	4,9	11,6	6,2	5,1	29,6	8,0
2	Junges Gras	1	9,32	56,2	1,8	2,8	10,7	10,5	4,0	10,3	2,0
3	Ueberreifes Heu	1	7,73	7,6	2,9	3,4	12,9	4,4	0,7	63,1	5,7
4	Raigras in Blüthe	4	7,10	24,9	4,2	2,1	7,5	7,8	3,8	39,6	5,4
5	Timotheegras	3	7,01	28,8	2,7	3,7	9,4	10,8	3,9	35,6	5,0
6	Sonstige Süßgräser	39	7,27	33,0	1,8	2,6	5,5	7,8	4,4	37,6	4,1
7	Hafer im Schossen	6	9,46	41,7	4,4	3,5	7,0	8,3	3,4	27,9	4,4
8	„ in Blüthe	7	7,23	39,0	3,3	3,2	6,7	8,3	2,7	33,2	4,0
9	Gerste im Schossen	5	8,93	38,5	1,7	2,9	7,0	10,1	2,9	31,2	5,6
10	„ in Blüthe	5	7,04	26,2	0,6	3,1	6,0	9,8	2,9	48,0	3,5
11	Winterweizen im Schossen	2	9,73	34,7	1,9	1,5	4,9	7,4	2,8	41,9	5,3
12	„ in Blüthe	3	6,99	25,7	0,5	2,2	3,1	7,3	1,9	56,8	2,8
13	Winterroggen in Blüthe	1	5,42	38,6	0,3	3,1	7,4	14,7	1,6	32,0	
14	Grüne Cerealien, mager	5	7,20	29,6	1,5	3,9	6,6	9,1	4,1	41,4	4,3
15	„ „ fett	5	9,21	35,6	3,4	4,7	8,3	8,1	4,8	30,0	5,6
16	Moharhirse, Grünfutter	2	7,23	37,4	—	8,0	10,8	5,4	3,6	29,1	6,4
	II. Klee und Futterkräuter.										
17	Rothklee	56	6,72	34,5	1,6	12,2	34,0	9,9	3,0	2,7	3,7
	a. 15—25 % KO	15	6,01	20,8	1,9	18,2	39,7	9,4	3,8	1,2	5,4
	b. 25—35 „ „	23	6,74	29,8	1,6	11,8	35,6	10,6	3,0	2,7	2,9
	c. 35—50 „ „	18	7,19	46,3	1,4	7,8	27,3	9,2	2,2	2,5	3,2
18	Weißklee	2	7,16	17,5	7,8	10,0	32,2	14,1	8,8	4,5	3,2
19	Luzerne	7	7,14	25,3	1,1	5,8	48,0	8,5	6,1	2,0	1,9
20	Esparsette	2	5,39	39,4	1,7	5,8	32,2	10,4	3,3	4,0	3,0
21	Bastardklee	2	5,53	33,8	1,5	15,3	31,9	10,1	4,0	1,2	2,8
22	Wundklee	1	5,60	10,3	4,5	4,6	68,9	7,0	1,6	2,9	0,2
23	Grünwicken	2	8,74	42,1	2,9	6,8	26,3	12,8	3,7	1,8	3,1
24	Grünerbsen	1	7,40	40,8	0,2	8,2	28,7	13,2	3,5	2,6	1,8
25	Grünraps	5	8,97	32,3	3,8	4,5	23,1	8,7	16,3	3,2	7,6
	III. Wurzelgewächse.										
26	Kartoffeln	31	3,74	59,8	1,6	4,5	2,3	19,1	6,6	2,3	2,8
27	Topinambur	1	5,16	65,4	—	2,7	3,5	16,0	3,2	—	2,4
28	Futter-Runkelrübe	15	6,86	53,1	14,8	5,1	4,6	9,6	3,3	3,3	6,6

Nr.	Bezeichnung der Stoffe.	Analys.	Aschen-proc.	KO.	NaO.	MgO.	CaO.	PO^5.	SO^3.	SiO^2.	Cl.
29	Zuckerrübe	44	4,35	49,4	9,6	8,9	6,3	14,3	4,7	3,5	2,0
30	Turnipsrübe	15	8,28	39,3	11,4	3,9	10,4	13,3	14,3	2,4	4,1
31	Weißrübe	2	7,20	50,6	3,8	2,1	13,4	17,4	6,0	1,1	6,4
32	Erdkohlrabi	2	7,68	51,2	6,7	2,6	9,7	15,3	8,4	0,5	5,1
33	Mohrrübe	10	6,27	36,7	22,1	5,3	10,7	12,5	6,4	2,0	3,2
34	Cichorie	7	5,21	40,4	7,7	6,3	8,7	14,5	9,2	6,1	3,7
35	Zuckerrübenköpfe	1	4,03	29,6	24,4	11,0	9,1	12,8	7,6	2,0	0,5
	IV. Blätter und Kraut der Wurzelgewächse.										
36	Kartoffeln, August	3	8,92	14,5	2,7	16,8	39,0	6,1	5,6	8,0	4,6
37	„ October	1	5,12	6,3	0,8	22,6	46,2	5,5	5,5	4,2	3,0
38	Futter-Runkelrübe	6	15,96	29,1	21,0	9,7	11,4	5,1	7,4	4,8	11,3
39	Zuckerrübe	7	17,49	22,1	16,8	18,3	19,7	7,4	8,0	3,1	5,7
40	Turnips	16	13,68	22,9	7,8	4,5	32,4	8,9	9,9	3,8	8,2
41	Kohlrabi	1	16,87	14,4	3,9	4,0	33,3	10,4	11,7	10,5	3,9
42	Mohrrübe	7	13,57	14,1	23,1	4,6	33,0	4,7	7,9	5,6	7,1
43	Cichorie	1	12,46	60,0	0,7	3,2	14,3	9,0	9,0	1,0	1,7
44	Weißkraut	2	10,81	48,6	3,9	3,3	15,3	15,8	8,5	1,2	2,5
45	Krautstrunk	1	6,46	43,9	5,5	4,1	11,3	20,9	11,8	1,1	1,2
	V. Fabrik-Producte und Abfälle.										
46	Rübenpreßlinge	7	3,15	36,6	8,4	5,6	25,3	10,2	3,9	6,2	4,8
	a. Gewöhnliche Preßlinge	2	3,03	25,0	12,7	—	27,2	12,9	5,8	—	13,0
	b. Macerations-Rückstände	2	3,53	35,3	9,4	11,8	27,9	6,0	2,3	—	0,9
	c. Centrifugen-Rückstände	1	3,11	45,5	9,8	—	25,3	13,0	6,5	—	—
47	Rübenmelasse	3	11,28	71,1	10,5	0,4	6,0	0,5	2,1	0,7	10,1
48	Melassenschlempe	1	19,02	89,8		0,9		0,1	1,7	—	1,6
49	Rohzucker	1	1,43	33,3	28,0	—	8,5	—	22,9	0,9	5,8
50	Kartoffeschlempe	1	11,10	46,3	6,6	8,8	6,2	20,0	7,3	3,4	2,1
51	Kartoffelfaser	4	0,99	15,6	—	7,6	47,8	23,9	—	3,1	1,3
52	Kartoffelwasser	2	23,45	69,5	—	3,5	1,0	16,3	3,6	0,1	7,5
53	Kartoffelschalen	3	9,59	72,0	0,7	6,7	9,6	3,4	0,4	2,7	2,1
54	Weizen-Feinmehl	1	0,47	36,0	0,9	8,2	2,8	52,0	—	—	—
55	Roggenmehl	1	1,97	38,4	1,8	8,0	1,0	48,3	—	—	—
56	Gerstenmehl	1	2,33	28,8	2,5	13,5	2,8	47,3	3,1	—	
57	Gerstenschlammmehl	1	5,62	18,9	1,4	7,7	2,5	28,9		20,0	
58	Maismehl	1		28,8	3,5	14,9	6,3	45,0			
59	Hirsemehl	1	1,35	19,7	2,3	25,8	—	47,3	2,7		
60	Buchweizengries	2	0,72	25,4	5,9	12,9	2,3	48,1	1,7		1,6
61	Weizenkleie	1	6,43	24,0	0,6	16,8	4,7	51,8		1,1	
62	Roggenkleie	1	8,22	27,0	1,3	15,8	3,5	47,9			
63	Biertreber	2	5,17	4,2	0,8	10,1	11,6	38,0	0,8	32,2	
64	Malz	1	2,78	17,3	—	8,4	3,8	36,5		33,2	
65	Malzkeime	1	6,56	34,9	—	1,4	1,5	21,0	6,3	29,5	
66	Weintrester	1	4,60	53,4	0,5	3,2	15,5	15,5	7,8		0,5
67	Traubenschalen	2	4,04	49,4	2,2	6,1	13,0	20,8	4,4	3,5	0,6
68	Bier	1		37,5	7,8	4,9	2,2	32,7		10,2	
69	Wein und Traubenmost	6		62,8	0,9	5,6	4,9	17,7	6,5	1,3	0,6
70	Rapskuchen	2	6,59	24,3	0,1	11,5	10,9	36,9	3,3	8,7	0,2
71	Leinkuchen	1	6,24	23,3	1,4	15,9	8,6	35,2	3,4	6,5	0,6
72	Mohnölkuchen	1	10,60	20,8	4,5	4,3	28,1	37,8	2,0	4,8	
73	Nußölkuchen	1	5,36	33,1	—	12,2	6,7	43,8	1,2	1,6	0,2
74	Baumwollesamenkuchen	1	6,95	35,4	—	4,3	4,6	48,3	1,1	4,0	
	VI. Stroh.										
75	Winterweizen	12	4,96	11,5	2,9	2,6	6,2	5,4	2,9	66,3	
76	Winterroggen	6	4,81	18,7	3,3	3,1	7,7	4,7	1,9	58,1	
77	Winterdinkel	2	5,56	11,2	0,4	0,9	4,8	6,3	1,8	71,4	
78	Sommerroggen	3	5,55	23,4	—	2,8	8,9	6,5	2,6	55,9	
79	Gerste	17	5,10	21,6	4,5	2,4	7,6	4,3	3,7	53,8	

Nr.	Bezeichnung der Stoffe,	Analys.	Aschen-proc.	KO.	NaO.	MgO.	CaO.	PO^5.	SO^3.	SiO^2.	Cl.
80	Hafer	6	5,12	22,0	5,3	4,0	8,2	4,2	3,5	48,7	
81	Mais	1	5,49	35,3	1,2	5,5	10,5	8,1	5,2	38,0	
82	Erbse	21	5,74	21,8	5,3	7,7	37,9	7,8	5,6	5,7	6,1
83	Saubohne	4	7,12	44,4	3,8	7,8	23,1	7,0	0,2	5,4	13,8
84	Gartenbohne	5	6,06	37,1	6,0	5,2	27,4	7,8	3,6	4,7	5,2
85	Buchweizen	6	6,15	46,6	2,2	3,6	18,4	11,9	5,3	5,5	7,7
86	Raps	12	4,58	25,6	10,3	5,7	26,5	7,0	7,1	6,7	12,4
87	Mohn	1	7,86	38,0	1,3	6,5	30,2	3,5	5,1	11,4	2,5
	VII. Spreu.										
88	Weizen	1	10,73	9,1	1,8	1,3	1,9	4,3	—	81,2	
89	Dinkel	2	9,50	9,5	0,3	2,5	2,4	7,3	2,3	74,2	
90	Gerste (Grannen)	1	14,23	7,7	0,9	1,3	10,4	2,0	3,0	70,8	
91	Hafer	1	9,22	13,1	4,8	2,6	8,9	0,3	2,5	59,9	
92	Maiskolben (Mark)	1	0,56	47,1	1,2	4,1	3,4	4,4	1,9	26,4	
93	Leinsamenhülsen	1	6,62	31,1	4,3	2,8	29,6	2,8	4,8	17,2	6,1
	VIII. Gespinnstpflanzen ꝛc.										
94	Leinstengel (Stroh)	8	3,71	36,9	5,1	7,1	22,3	11,5	5,3	6,0	4,0
95	Geröstete Leinstengel	2	2,40	9,0	4,8	5,4	51,4	5,9	3,1	13,8	
96	Flachsfaser	3	0,67	3,3	3,2	5,4	63,6	10,8	2,7	6,2	0,4
97	Ganze Leinpflanze	2	4,30	34,2	4,8	9,0	15,5	23,0	4,9	2,6	5,9
98	Ganze Hanfpflanze	2	4,60	18,3	3,2	9,6	43,4	11,6	2,8	7,6	2,5
99	Hopfen, ganze Pflanze	1	9,87	26,2	3,8	5,8	16,0	12,1	5,4	21,5	4,6
100	„ Zapfen	12	6,80	37,3	2,2	5,5	16,9	15,1	2,6	15,4	3,4
101	Tabak	7	24,08	27,4	3,7	10,5	37,0	3,6	3,9	9,6	4,5
	IX. Allerlei Streumaterialien.										
102	Haidekraut	8	4,51	13,2	5,3	8,4	18,8	5,1	4,4	35,2	2,1
103	Besenpfriemen	2	2,25	36,5	2,5	12,4	17,1	8,6	3,5	10,3	2,7
104	Farrenkraut	5	7,01	42,8	4,5	7,7	14,0	9,7	5,1	6,1	10,2
105	Schachtelhalm	2	23,77	13,2	0,5	2,3	12,5	2,0	6,3	53,8	5,7
106	Seegras	8	14,39	14,5	24,0	9,5	13,9	3,1	24,0	1,7	10,1
107	Buchenblätter im Herbst	6	6,75	5,2	0,6	6,0	44,9	4,2	3,7	33,9	0,4
108	Eichenblätter im Herbst	1	4,90	3,5	0,6	4,0	48,6	8,1	4,4	30,9	
109	Kiefernnadeln	1	1,40	10,1	—	9,9	41,4	16,4	4,4	13,1	4,4
110	Fichtennadeln	1	5,82	1,5	—	2,3	15,2	8,2	2,8	70,1	
111	Rohrschilf	1	4,69	8,6	0,2	1,2	5,9	2,0	2,8	71,5	
112	Dünengras	1		29,8	4,0	3,8	16,5	7,2	3,6	18,5	
113	Riedgräser	11	8,08	33,2	7,3	4,2	5,3	6,7	3,3	31,5	5,6
114	Binsen	7	5,30	36,6	6,6	6,4	9,5	6,4	8,7	10,9	14,2
115	Simsen	2	8,65	9,7	10,3	3,0	7,2	6,5	5,6	43,3	
	X. Körner und Samen der Culturpflanzen.										
116	Weizen	78	2,07	31,1	3,5	12,2	3,1	46,2	2,4	1,7	
117	Roggen	14	2,03	30,9	1,8	10,9	2,7	47,5	2,3	1,5	
118	Gerste	34	2,55	21,9	2,8	8,3	2,5	32,8	2,3	27,2	
119	Hafer	20	3,07	15,9	3,8	7,3	3,8	20,7	1,6	46,4	
120	Dinkel mit Spelzen	2	4,20	17,3	1,8	5,8	2,6	20,0	2,6	44,0	
121	Mais	8	1,42	27,0	1,5	14,6	2,7	44,7	1,1	2,2	
122	Reis, ungeschält	3	7,84	18,4	4,5	8,6	5,1	47,2	0,6	0,6	
123	„ geschält	3	0,39	23,3	4,8	13,4	2,9	51,0	0,6	3,0	
124	Hirse, ungeschält	2	4,49	11,9	1,0	8,4	1,0	23,4	0,2	52,3	
125	„ geschält	1	1,42	18,9	5,8	18,6	—	53,6	1,5		
126	Sorgho	1	1,86	20,3	3,3	14,8	1,3	50,9		7,5	
127	Buchweizen	2	1,07	23,1	6,2	13,4	3,3	48,0	2,1		1,7
128	Raps	15	4,24	23,5	1,1	12,2	13,8	43,9	3,6	1,1	0,3
129	Lein	3	3,65	32,2	1,8	13,2	8,4	40,4	1,1	1,1	0,1
130	Hanf	2	5,48	20,1	0,8	5,6	23,5	36,3	0,2	11,8	0,1

Nr.	Bezeichnung der Stoffe.	Analyſ.	Aſchen-proc.	KO.	NaO.	MgO.	CaO.	PO⁵.	SO³.	SiO².	Cl.
131	Mohn	1	6,12	13,6	1,0	9,5	35,4	31,4	1,9	3,2	4,4
132	Madia	1		9,5	11,2	15,4	7,7	55,0			
133	Senf	3	4,30	15,9	5,8	10,2	18,8	39,0	4,7	2,4	0,4
134	Runkelrübe	1	5,66	18,7	17,3	18,9	15,6	15,5	4,2	2,1	9,4
135	Weißrübe	1	3,98	21,9	1,2	8,7	17,4	40,2	7,1	0,7	—
136	Mohrrübe	1	8,50	19,1	4,8	6,7	38,8	15,8	5,6	5,3	3,3
137	Erbſen	30	2,81	40,4	3,7	8,0	4,2	36,3	3,5	0,9	2,3
138	Wicken	1	2,40	30,6	10,6	8,5	4,8	38,1	4,1	2,0	1,1
139	Saubohne	6	3,45	40,5	1,2	6,7	5,2	39,2	5,1	1,2	2,9
140	Gartenbohne	9	3,06	44,1	2,9	7,5	7,7	30,4	3,8	0,8	0,9
141	Linſen	1	2,06	27,8	9,9	2,0	5,1	29,1		1,1	3,3
142	Lupine	1		33,5	17,8	6,2	7,8	25,5	6,8	0,9	1,8
143	Klee	3	4,11	37,3	0,6	12,2	6,2	33,5	4,7	2,4	1,3
144	Esparſette	1	4,47	28,6	2,8	6,6	31,6	23,9	3,2	0,8	1,1
	XI. Früchte und Samen der Holzpflanzen.										
145	Traubenkerne	2	2,81	28,6	—	8,6	33,9	24,0	2,5	1,1	0,3
146	Erle	2	5,14	37,6	1,6	8,0	30,7	13,0	3,4	3,2	0,1
147	Weißtanne	1		21,8	7,1	16,8	1,5	39,7		11,7	0,3
148	Kiefer	1		22,4	1,3	15,1	1,9	46,0		10,4	—
149	Buche	1	3,30	22,8	10,0	11,6	24,5	20,8	2,2	1,9	0,5
150	Eiche	2		64,5	0,7	5,4	7,0	16,2	2,8	1,1	1,7
151	Roßkaſtanie, Kern	2	2,36	58,9	—	0,5	11,6	22,4	1,4	0,2	6,4
152	„ grüne Schale	2	4,38	76,4	—	1,0	10,0	6,3	1,4	0,6	5,6
153	Aepfel, ganze Frucht	1		35,7	26,1	8,8	4,1	13,6	6,1	4,3	
154	Birne, „ „	1		54,7	8,5	5,2	8,0	15,3	5,7	1,5	
155	Kirſche, „ „	1		51,9	2,2	5,5	7,5	16,0	5,1	9,0	1,1
156	Pflaume, „ „	1		59,2	0,5	5,5	10,0	15,1	3,8	2,4	
	XII. Blätter der Holzpflanzen.										
157	Maulbeerbaum	3	3,53	19,6	—	5,4	25,7	10,2	0,5	33,5	0,1
158	Roßkaſtanie, Frühjahr	2	7,17	38,8	—	3,9	21,3	23,4	6,0	2,9	3,8
159	„ Herbſt	1	7,52	19,6	—	7,8	40,5	8,2	1,7	13,9	4,1
160	Nußbaum, Frühjahr	1	7,72	42,7	—	4,6	26,9	21,1	2,6	1,2	0,5
161	„ Herbſt	1	7,01	26,6	—	9,8	53,7	4,0	2,7	2,0	0,8
162	Buche, Sommer	2	4,83	18,5	1,8	8,6	36,5	7,8	3,1	15,2	1,2
163	„ Herbſt	6	6,75	5,2	0,6	6,0	44,9	4,2	3,7	33,9	0,4
164	Eiche, Sommer	1	4,60	33,1	—	13,5	26,1	12,2	2,7	4,4	0,1
165	„ Herbſt	1	4,90	3,5	0,6	4,0	48,6	8,1	4,4	30,9	
166	Kiefernnadeln, Herbſt	1	1,40	10,1	—	9,9	41,4	16,4	4,4	13,1	4,4
167	Fichtennadeln, Herbſt	1	5,82	1,5	—	2,3	15,2	8,2	2,8	70,1	
	XIII. Holzarten.										
168	Rebenreiſer und Rebenholz	8	2,75	29,8	6,7	6,8	37,3	12,9	2,7	0,8	0,8
169	Maulbeerbaum	1	1,60	6,5	14,3	5,7	57,3	2,2	10,3	3,6	4,2
170	Birke	2	0,31	11,6	5,8	8,9	60,0	8,5	0,3	4,8	0,6
171	Buche, Stammholz	2	0,65	16,1	3,4	10,8	56,4	5,3	1,0	4,7	0,1
172	„ Prügelholz	1	1,05	15,2	2,1	16,8	45,8	11,6	0,7	6,7	0,1
173	„ Reisholz	1	1,45	14,1	2,2	10,8	48,0	12,3	1,2	9,8	0,1
174	Eiche, Stammholz	2		10,0	3,6	4,8	73,5	5,5	1,4	1,1	0,2
175	„ Zweige mit Rinde	1		19,8	—	7,5	54,0	9,3	1,6	3,1	
176	Roßkaſtanie, Zweige, Herbſt	1	3,31	19,4	—	5,2	51,0	21,7		0,7	1,4
177	Nußbaum, Zweige, Herbſt	1	2,99	15,3	—	8,1	55,9	12,2	3,2	2,9	0,3
178	Pappel, junge Zweige	5		14,0	0,4	7,5	58,4	13,1	1,5	2,0	0,1
179	Weide, „ „	1		11,4	5,6	10,1	50,8	16,4	3,1	0,7	0,6
180	Ulme, „ „	1		24,1	2,1	10,0	37,9	9,6	5,4	6,2	0,7
181	Ulme, Stammholz	1		21,9	13,7	7,7	47,8	3,3	1,3	3,1	
182	Linde	1		35,8	6,0	4,2	29,9	4,9	5,3	5,3	1,5
183	Apfelbaum	2	1,29	12,0	1,6	5,7	71,0	4,6	2,9	1,8	0,2
184	Fichte	1	0,25	5,2	26,8	6,2	47,9	5,1	3,0	2,0	4,0

Nr.	Bezeichnung der Stoffe.	Analys.	Aschen-proc.	KO.	NaO.	MgO.	CaO.	PO^5.	SO^3.	SiO^2.	Cl.
185	Weißtanne	2	0,28	15,3	9,9	5,9	50,1	5,5	3,0	6,0	0,2
186	Kiefer	6	0,31	11,8	4,6	9,1	50,1	5,8	2,3	15,0	0,4
187	Lärche	1	0,32	15,3	7,7	24,5	27,1	3,6	1,7	3,6	0,6
	XIV. Rinden.										
188	Birke	2	1,33	3,8	5,4	8,2	45,6	7,3	1,3	20,1	1,3
189	Buche	1		14,7	0,4	0,2	57,9	0,4	1,3	18,0	
190	Roßkastanie, junge, Herbst	1	6,57	24,2	—	4,0	61,3	7,0	1,1	1,1	1,2
191	Nußbaum, junge, Herbst	1	6,40	11,6	—	10,6	70,1	5,9	0,2	0,7	0,4
192	Ulme	1		2,2	10,1	3,2	72,7	1,6	0,6	8,9	
193	Linde	1		16,1	5,7	8,0	60,8	4,0	0,8	2,3	1,2
194	Fichte	1	2,81	5,3	4,2	4,7	62,4	2,6	1,0	15,7	0,2
195	Weißtanne	1	3,30	8,0	3,0	3,2	69,8	2,5	1,6	8,4	1,0
196	Kiefer	3	2,01	3,0	1,4	1,0	43,7	8,3	0,8	31,1	0,1

Tafel II.

Mittlere Menge des Wassers, Schwefels, der Gesammtasche und der einzelnen Aschenbestandtheile in 1000 Pfund der frischen oder lufttrockenen Substanz, nach Dr. Emil Wolf.

Bezeichnung der Stoffe.	HO.	Asche.	KO.	NaO.	MgO.	CaO.	PO^5.	SO^3.	SiO^2.	Cl.	S.
I. Heu.											
Wiesenheu	144	66,6	17,1	4,7	3,3	7,7	4,1	3,4	19,7	5,3	1,7
Ueberreifes Heu	144	66,2	5,0	1,9	2,3	8,5	2,9	0,5	41,8	3,8	2,7
Rothklee	160	56,5	19,5	0,9	6,9	19,2	5,6	1,7	1,5	2,1	2,1
Weißklee	160	60,3	10,6	4,7	6,0	19,4	8,5	5,3	2,7	1,9	2,7
Bastardklee	160	46,5	15,7	0,7	7,1	14,8	4,7	1,9	0,6	1,3	
Luzerne	160	60,0	15,2	0,7	3,5	28,8	5,1	3,7	1,2	1,1	2,6
Esparsette	160	45,3	17,9	0,8	2,6	14,6	4,7	1,5	1,8	1,4	
Grünwicken	160	73,4	30,9	2,1	5,0	19,3	9,4	2,7	1,3	2,3	1,5
Grünhafer	145	61,8	24,1	2,0	2,0	4,1	5,1	1,7	20,5	2,5	1,5
II. Grünfutter.											
Wiesengras, Blüthe	700	23,3	6,0	1,6	1,1	2,7	1,5	1,2	6,9	1,9	0,6
Junges Gras	800	20,7	11,6	0,4	0,6	2,2	2,2	0,8	2,1	0,4	0,4
Raigras	700	21,3	5,3	0,9	0,5	1,6	1,7	0,8	8,4	1,1	0,7
Timotheegras	700	21,0	6,1	0,6	0,8	2,0	2,3	0,8	7,5	1,1	0,8
Sonstige Gräser	700	21,8	7,2	0,4	0,6	1,2	1,7	1,0	8,2	0,9	0,7
Hafer im Schossen	820	17,0	7,1	0,8	0,6	1,2	1,4	0,6	4,7	0,8	0,3
„ in der Blüthe	770	16,6	6,5	0,6	0,5	1,1	1,4	0,5	5,5	0,7	0,4
Gerste im Schossen	750	22,3	8,6	0,4	0,7	1,6	2,3	0,7	7,0	1,2	0,5
„ in der Blüthe	680	22,5	5,9	0,1	0,7	1,4	2,2	0,7	10,8	0,8	0,7
Weizen im Schossen	770	22,4	7,8	0,4	0,3	1,1	1,7	0,4	9,4	1,2	0,3
„ in der Blüthe	690	21,7	5,6	0,1	0,5	0,7	1,6	0,4	12,3	0,6	0,5
Futterroggen	700	16,3	6,3	0,1	0,5	1,2	2,4	0,2	5,2		
Moharhirse	680	23,1	8,6	—	1,9	2,5	1,3	0,8	6,7	1,5	
Rothklee	800	13,4	4,6	0,2	1,6	4,6	1,3	0,4	0,4	0,5	0,5

Bezeichnung der Stoffe.	HO.	Asche.	KO.	NaO.	MgO.	CaO.	PO^5.	SO^3.	SiO^2.	Cl.	S.
Weißklee	810	13,6	2,4	1,1	1,4	4,4	2,0	1,2	0,6	0,4	0,6
Bastardklee	815	10,2	3,5	0,2	1,6	3,2	1,0	0,4	0,1	0,3	
Luzerne	753	17,6	4,5	0,2	1,0	8,5	1,5	1,1	0,4	0,3	0,8
Esparsette	785	11,6	4,6	0,2	0,7	3,7	1,2	0,4	0,5	0,3	
Wundklee	780	12,3	1,3	0,5	0,6	8,5	0,9	0,2	0,4	—	
Grünwicken	820	15,7	6,6	0,5	1,1	4,1	2,0	0,6	0,3	0,5	0,3
Grünerbsen	815	13,7	5,6	—	1,1	3,9	1,8	0,5	0,4	0,2	
Grünraps	850	13,5	4,4	0,5	0,6	3,1	1,2	2,2	0,4	1,0	0,6
III. Wurzelgewächse.											
Kartoffeln	750	9,4	5,6	0,1	0,4	0,2	1,8	0,6	0,2	0,3	0,2
Topinambur	800	10,3	6,7	—	0,3	0,4	1,6	0,3	—	0,2	
Futterrunkel	883	8,0	4,3	1,2	0,4	0,4	0,8	0,3	0,2	0,5	0,1
Zuckerrübe	816	8,0	4,0	0,8	0,7	0,5	1,1	0,4	0,3	0,2	
Turnipsrübe	909	7,5	3,0	0,8	0,3	0,8	1,0	1,1	0,2	0,3	0,4
Weißrübe	915	6,1	3,1	0,2	0,1	0,8	1,1	0,4	0,1	0,4	
Erdkohlrabi	877	9,5	4,9	0,6	0,2	0,9	1,4	0,8	0,1	0,5	
Möhre	860	8,8	3,2	1,9	0,5	0,9	1,1	0,6	0,2	0,3	0,1
Zuckerrübenköpfe	840	6,5	1,9	1,6	0,7	0,6	0,8	0,5	0,1	0,1	
Cichorie	800	10,4	4,2	0,8	0,7	0,9	1,5	1,0	0,6	0,4	
IV. Blätter und Kraut der Wurzelgewächse.											
Kartoffel, Ende August	825	15,6	2,3	0,4	2,6	5,1	1,0	0,9	1,2	0,7	0,6
" Anfang October	770	11,8	0,7	0,1	2,7	5,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5
Futterrunkel	907	14,8	4,3	3,1	1,4	1,7	0,8	1,1	0,7	1,7	0,5
Zuckerrübe	897	18,0	4,0	3,0	3,3	3,6	1,3	1,4	0,6	1,0	
Turnips	898	14,0	3,2	1,1	0,6	4,5	1,3	1,4	0,5	1,2	0,5
Kohlrabi	850	25,3	3,6	1,0	1,0	8,4	2,6	3,0	2,6	1,0	
Möhre	808	26,1	3,7	6,0	1,2	8,6	1,2	2,1	1,5	1,9	1,4
Cichorie	850	18,7	11,2	0,1	0,6	2,7	1,7	1,7	0,2	0,3	
Weißkraut	885	12,4	6,0	0,5	0,4	1,9	2,0	1,1	0,1	0,3	0,5
Krautstrunk	820	11,6	5,1	0,6	0,5	1,3	2,4	0,9	0,2	0,1	
V. Fabrik-Producte und Abfälle.											
Rübenpreßlinge	692	9,7	3,6	0,8	0,5	2,5	1,0	0,4	0,6	0,5	
a. Gewöhnliche Preßlinge	692	9,3	2,3	1,2	—	2,5	1,2	0,5	—	1,2	
b. Centrifugen-Rückstände	820	5,6	2,6	0,5	—	1,4	0,7	0,4	—	—	
c. Macerations-Rückstände	885	4,1	1,5	0,4	0,5	1,1	0,3	0,1	—	0,1	
Rübenmelasse	175	93,1	66,2	9,8	0,4	5,6	0,6	2,0	0,6	9,4	
Melassenschlempe	907	17,7	15,9		0,2		—	0,3	—	0,3	
Rohzucker	43	13,7	4,6	3,8	—	1,2	—	3,1	0,1	0,8	
Kartoffelschlempe	947	5,9	2,7	0,4	0,5	0,4	1,2	0,4	0,2	0,1	
Kartoffelfaser	806	1,9	0,3	—	0,1	0,9	0,5	—	0,1	—	
Kartoffelschalen	300	67,1	48,3	0,5	4,5	6,4	2,3	0,3	1,8	1,4	
Weizen-Feinmehl	136	4,1	1,5	0,1	0,3	0,1	2,1	—	—	—	
Roggenmehl	142	16,9	6,5	0,3	1,4	0,2	8,5	—	—	—	
Gerstenmehl	140	20,0	5,8	0,5	2,7	0,6	9,5	0,6	—	—	
Gerstenschlammmehl	113	49,8	9,4	0,7	3,8	1,2	14,4		9,9	—	
Maismehl	140	9,5	2,7	0,3	1,4	0,6	4,3	—	—	—	
Hirsemehl	140	11,6	2,3	0,3	3,0	—	5,5	0,3	—	—	
Buchweizengries	140	6,2	1,6	0,4	0,8	0,1	3,0	0,1	—	0,1	
Weizenkleie	135	55,6	13,3	0,3	9,4	2,6	28,8	—	0,6		
Roggenkleie	131	71,4	19,3	0,9	11,3	2,5	34,2	—			
Biertreber	768	12,0	0,5	0,1	1,2	1,4	4,6	0,1	3,9		
Grünmalz	475	14,6	2,5	—	1,2	0,5	5,3	—	4,8		
Darrmalz	42	26,6	4,6	—	2,2	1,0	0,7	—	8,8		
Malzkeime	92	59,6	20,8	—	0,8	0,9	12,5	3,8	17,7		
Weintrester	650	16,1	8,6	0,1	0,5	2,5	2,5	1,2	—	0,1	
Traubenschalen	900	16,2	8,0	0,4	1,0	2,1	3,4	0,7	0,6	0,1	
Bier	900	3,9	1,5	0,3	0,2	0,1	1,3	0,1	0,4	0,1	

Bezeichnung der Stoffe.	HO.	Asche.	KO.	NaO.	MgO.	CaO.	PO^5.	SO^3.	SiO^2.	Cl.	S.
Wein	866	2,8	1,8	—	0,2	0,2	0,5	0,1	0,1	—	
Rapskuchen	150	56,0	13,6	0,1	6,4	6,1	20,7	1,9	4,9	0,1	
Leinkuchen	115	55,2	12,9	0,8	8,8	4,7	19,4	1,9	3,6	0,3	
Mohnölkuchen	100	95,4	19,8	4,3	4,1	26,8	36,1	1,9	4,6	—	
Nußölkuchen	136	46,4	15,4	—	5,7	3,1	20,3	0,5	0,7	0,1	
Baumwollesamenkuchen	115	61,5	21,8	—	2,6	2,8	29,5	0,7	2,5	—	
VI. Stroh.											
Winterweizen	141	42,6	4,9	1,2	1,1	2,6	2,3	1,2	28,2		1,6
Winterroggen	154	40,7	7,6	1,3	1,3	3,1	1.9	0,8	23,7		0,9
Winterdinkel	143	47,7	5,3	0,2	0,4	2,3	3,0	0,9	34,1		
Sommerroggen	143	47,6	11,1	—	1,3	4,4	3,1	1,2	26,6		
Gerste	140	43,9	9,3	2,0	1,1	3,3	1,9	1,6	23,6		1,3
Hafer	141	44,0	9,7	2,3	1,8	3,6	1,8	1,5	21,2		1,7
Mais	140	47,2	16,6	0,5	2,6	5,0	3,8	2,5	17,9		3,9
Erbse	143	49,2	10,7	2,6	3,8	18,6	3,8	2,8	2,8	3,0	0,7
Saubohne	180	58,4	25,9	2,2	4,6	13,5	4,1	0,1	3,1	8,1	2,2
Gartenbohne	150	51,5	19,1	3,1	2,7	14,1	4,1	1,8	2,4	2,7	2,1
Buchweizen	160	51,7	24,1	1,1	1,9	9,5	6,1	2,7	2,8	4,0	
Raps	170	38,0	9,7	3,9	2,1	10,1	2,7	2,7	2,6	4,7	1,4
Mohn	160	66,0	25,1	0,9	4,3	19,9	2,3	3,4	7,5	1,7	
VII. Spreu.											
Weizen	138	92,5	8,4	1,7	1,2	1,9	4,0	—	75,1		0,8
Dinkel	130	82,7	7,9	0,2	2,1	2,0	6,0	1,9	61,4		
Gerste (Grannen)	140	122,4	9,4	1,1	1,6	12,7	2,4	3,7	86,7		
Hafer	143	79,0	10,4	3,8	2,1	7,0	0,2	2,0	47,3		
Maiskolben (Mark)	115	5,0	2,4	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	1,3	0,2	1,3
Leinsamenhülsen	120	58,3	18,1	2,5	1,6	17,2	1,6	2,8	10,0	2,6	1,8
VIII. Gespinnstpflanzen ꝛc.											
Leinstengel (Stroh)	140	31,9	11,8	1,6	2,3	8,3	1,3	2,0	2,2	1,5	1,4
Geröstete Leinstengel	100	21,6	1,9	1,0	1,2	11,1	1,3	0,7	3,0	—	0,2
Flachsfaser	100	6,0	0,2	0,2	0,3	3,8	0,7	0,2	0,3	—	
Ganze Leinpflanze	250	32,3	11,3	1,5	2,9	5,0	7,4	1,6	0,8	1,9	
Ganze Hanfpflanze	300	28,2	5,2	0,9	2,7	12,2	3,3	0,8	2,1	0,7	
Hopfen, ganze Pflanze	250	74,0	19,4	2,8	4,3	11,8	9,0	3,8	15,9	3,4	2,0
„ Zapfen	120	59,8	22,3	1,3	2,1	10,1	9,0	1,6	9,2	0,2	4,8
Tabak	180	197,5	54,1	7,3	20,7	73,1	7,1	7,7	19,0	8,8	
IX. Allerlei Streumaterialien.											
Haidekraut	200	36,1	4,8	1,9	3,0	6,8	1,8	1,6	12,7	0,8	
Besenpfriemen	160	18,9	6,9	0,5	2,8	3,2	1,6	0,7	1,9	0,5	
Farrenkraut	160	58,9	25,2	2,7	4,5	8,3	5,7	3,0	3,6	6,0	
Schachtelhalm	140	204,4	27,0	1,0	4,7	25,6	4,1	12,9	110,0	11,7	
Seegras	180	118,0	17,1	28,3	11,2	16,4	3,7	28,3	2,0	11,9	
Buchenblätter	150	57,4	3,0	0,3	3,4	25,8	2,4	2,1	19,5	0,2	
Eichenblätter	150	41,7	1,5	0,2	1,7	20,2	3,4	1,8	12,9	—	
Kiefernnadeln	160	11,8	1,2	—	1,1	4,9	1,9	0,5	1,5		
Fichtennadeln	160	48,9	0,7	—	1,1	7,4	4,0	1,4	34,3	0,5	
Rohrschilf	180	38,5	3,3	0,1	0,5	2,3	0,8	1,1	27,5	—	
Riedgräser	140	69,5	23,1	5,1	2,9	3,7	4,7	2,3	21,8	3,9	
Binsen	140	45,6	16,7	3,0	2,9	4,3	2,9	4,0	5,0	6,5	
Simsen	140	74,4	7,2	7,7	2,2	5,4	4,8	4,2	32,2	3,9	
X. Körner und Samen der Culturpflanzen.											
Weizen	143	17,7	5,5	0,6	2,2	0,6	8,2	0,4	0,3	1,7	
Roggen	149	17,3	5,4	0,3	1,9	0,5	8,2	0,4	0,3	1,5	

Bezeichnung der Stoffe.	HO.	Asche.	KO.	NaO.	MgO.	CaO.	PO^5.	SO^3.	SiO^2.	Cl.	S.
Gerste	145	21,8	4,8	0,6	1,8	0,5	7,2	0,5	5,9		1,4
Hafer	140	26,4	4,2	1,0	1,8	1,0	5,5	0,4	12,3		1,7
Dinkel mit Spelzen	148	35,8	6,2	0,6	2,1	0,9	7,2	0,6	15,8		
Mais	136	12,3	3,3	0,2	1,8	0,3	5,5	0,1	0,3		1,2
Reis, ungeschält	120	69,0	12,7	3,1	5,9	3,5	32,6	0,4	0,4		
„ geschält	130	3,4	0,8	0,2	0,5	0,1	1,7	—	0,1		
Hirse, ungeschält	130	39,1	4,7	0,4	3,3	0,4	9,1	0,1	20,5		1,8
„ geschält	131	12,3	2,3	0,7	2,3	—	6,6	0,2	—		
Sorgho	140	16,0	4,2	0,5	2,4	0,2	8,1	—	1,2		
Buchweizen	141	9,2	2,1	0,6	1,2	0,3	4,4	0,2	—	0,2	
Raps	120	37,3	8,8	0,4	4,6	5,2	16,4	1,3	0,4	0,1	8,2
Lein	118	32,2	10,4	0,6	4,2	2,7	13,0	0,4	0,4	—	1,7
Hanf	122	48,1	9,7	0,4	2,7	11,3	17,5	0,1	5,7	0,1	
Mohn	147	52,2	7,1	0,5	5,0	18,5	16,4	1,0	1,7	2,3	
Senf	120	37,8	6,0	2,2	3,9	7,1	14,7	1,8	0,9	0,2	10,1
Runkelrübe	140	48,7	9,1	8,4	9,2	7,6	7,6	2,0	1,0	4,2	0,8
Weißrübe	120	35,0	7,7	0,3	3,0	6,1	14,1	2,5	0,2	—	7,8
Möhre	120	74,8	14,3	3,6	5,0	29,0	11,8	4,2	4,0	2,5	2,7
Erbsen	138	24,2	9,8	0,9	1,9	1,2	8,8	0,8	0,2	0,6	2,4
Wicken	136	20,7	6,3	2,2	1,8	0,6	7,9	0,9	0,4	0,2	
Saubohne	141	29,6	12,0	0,4	2,0	1,5	11,6	1,5	0,4	0,8	2,3
Gartenbohne	148	26,1	11,5	0,8	2,0	2,0	7,9	1,0	0,2	0,3	2,5
Linse	134	17,8	7,7	1,8	0,4	0,9	5,2	—	0,2	0,6	
Lupine	138	34,0	11,4	6,0	2,1	2,7	8,7	2,3	0,3	0,6	
Klee	150	36,9	13,8	0,2	4,5	2,3	12,4	1,7	0,9	0,5	
Esparsette	160	37,6	10,8	1,1	2,5	11,9	9,0	1,2	0,3	0,4	2,8
XI. Früchte und Samen der Holzpflanzen.											
Traubenkerne	120	24,7	7,1	—	2,1	8,4	5,9	0,6	0,3	0,1	
Erle	140	44,2	16,6	0,7	3,5	13,6	5,7	1,5	1,4	—	
Buche	180	27,1	6,2	2,7	3,1	6,7	5,6	0,6	0,5	0,1	
Eiche, frisch	560	9,6	6,2	0,1	0,5	0,7	1,6	0,2	0,2	0,1	
„ gedörrt	158	18,3	11,8	0,1	1,0	1,3	3,3	0,5	0,4	0,3	
Roßkastanie, frisch	492	12,0	7,1	—	0,1	1,4	2,7	0,2	—	0,8	
„ grüne Schale	818	8,0	6,1	—	0,1	0,8	0,5	0,1	0,1	0,4	
Aepfel, ganze Frucht	840	2,7	1,0	0,7	0,2	0.1	0,4	0,2	0,1	—	
Birne, „ „	800	4,1	2,2	0,4	0,2	0,3	0,6	0,2	0,1	—	
Kirsche, „ „	780	4,3	2,2	0,1	0,2	0,3	0,7	0,2	0,4	0,1	
Pflaume, „ „	820	4,0	2,4	—	0,2	0,4	0,6	0,2	0,1	—	
XII. Blätter der Holzpflanzen.											
Maulbeerbaum	670	11,7	2,3	—	0,6	3,0	1,2	0,1	4,1	—	
Roßkastanie, Frühjahr	700	21,5	8,3	—	0,8	4,6	5,0	1,3	0,6	0,8	
„ Herbst	600	30,1	5,9	—	2,4	12,2	2,5	0,5	4,2	1,2	
Nußbaum, Frühjahr	700	23,2	9,9	—	1,1	6,2	4,9	0,6	0,3	0,1	
„ Herbst	600	28,4	7,6	—	2,8	15,3	1,1	0,8	0,6	0,2	
Buche, Sommer	750	12,1	2,2	0,2	1,1	4,4	0,9	0,4	1,8	0,1	
„ Herbst	550	30,5	1,6	0,2	1,8	13,7	1,3	1,1	10,3	0,1	
Eiche, Sommer	700	13,8	4,6	—	1,9	3,6	1,7	0,4	0,6	—	
„ Herbst	600	19,6	0,7	0,1	0,8	9,5	1,6	0,9	6,1	—	
Kiefernnadeln, Herbst	550	6,3	0,6	—	0,6	2,6	1,3	0,3	0,8	0,3	
Fichtennadeln, Herbst	550	26,2	0,4	—	0,6	4,0	2,1	0,7	18,4	—	
XIII. Holzarten. (Lufttrocken.)											
Rebenreiser und Holz	150	23,4	7,0	1,6	1,6	8,7	3,0	0,6	0,2	0,2	
Maulbeerbaum	150	13,7	0,9	2,0	0,8	7,8	0,3	1,4	0,5	0,2	
Birke	150	2,6	0,3	0,2	0,2	1,5	0,2	—	0,1	—	
Buche, Stammholz	150	5,5	0,9	0,2	0,6	3,1	0,3	0,1	0,3	—	
„ Prügelholz	150	8,9	1,4	0,2	1,5	4,1	1,0	0,1	0,6	—	

Bezeichnung der Stoffe.	HO.	Asche.	KO.	NaO.	MgO.	CaO.	PO^5.	SO^3.	SiO^2.	Cl.	S.
Buche, Reisholz	150	12,3	1,7	0,3	1,3	5,9	1,5	0,1	1,2	—	
Eiche, Stammholz	150	5,1	0,5	0,2	0,2	3,7	0,3	0,1	0,1	—	
„ Zweige mit Rinde	150	10,2	2,0	—	0,8	5,5	0,9	0,2	0,3	—	
Roßkastanie, junges Holz im Herbst	150	28,1	5,5	—	1,5	14,3	5,9	—	0,2	0,4	
Nußbaum, „ „ „ „	150	25,5	3,9	—	2,0	14,2	3,1	0,8	0,7	0,1	
Apfelbaum	150	11,0	1,3	0,2	0,6	7,8	0,5	0,3	0,2	—	
Fichte	150	2,1	0,1	0,6	0,1	1,0	0,1	0,1	0,1	—	
Weißtanne	150	2,4	0,4	0,2	0,1	1,2	0,1	0,1	0,2	—	
Kiefer	150	2,6	0,3	0,1	0,2	1,3	0,2	0,1	0,4	—	
Lärche	150	2,7	0,4	0,2	0,7	0,7	0,1	0,1	0,1	—	
XIV. Rinden.											
Birke	150	11,3	0,4	0,6	0,9	5,2	0,8	0,2	2,3	0,2	
Roßkastanie, junge im Herbst	150	55,9	13,5	—	2,2	34,3	3,9	0,6	0,6	0,7	
Nußbaum, „ „ „	150	54,4	6,3	—	5,8	38,1	3,2	0,1	0,4	0,2	
Fichte	150	23,9	1,3	1,0	1,1	14,9	0,6	0,2	3,8	0,1	
Weißtanne	150	28,1	2,3	0,9	0,8	19,6	0,7	0,5	2,3	0,3	
Kiefer	150	17,1	0,5	0,2	0,2	7,5	1,4	0,1	5,3	—	

Tafel III.

Zusammensetzung der landwirthschaftlichen Pflanzen und Producte. Mittlerer Gehalt an Wasser, organischen Materien, Asche, Albuminaten, Kohlenhydraten, Holzfaser 2c., von Professor E. Wolf und Knop.

Bezeichnung der Stoffe.	HO.	Org.	Asche.	Nh *).	Nl **).	$\frac{Nl}{Nh}$.	Holzf.	Fett.
I. Niedere Gewächse.								
Champignon, frisch	90,5	8,20	1,30	0,60	4,40	7,3	3,2	0,25
Isländische Flechte	trock.	98,00	2,00	9,00	72,00	8,0	17,0	1,00
II. Heu.								
Wiesenheu, mittlere Güte	14,3	79,5	6,2	8,2	41,3	5,04	30,0	2,0
Grummet	14,3	79,2	6,5	9,5	45,7	4,81	24,0	2,4
Rothklee, volle Blüthe	16,7	77,1	6,2	13,4	29,9	2,23	35,8	3,2
Rothklee, Samenklee	16,7	77,7	5,6	9,4	20,3	2,16	48,0	2,0
Weißklee, volle Blüthe	16,7	74.8	8,5	14,9	34,3	2,30	25,6	3,5
Schwedischer Klee	16,7	75,0	8,3	15,3	29,2	1,91	30,5	3,3
Schwedischer Samenklee	16,7	78,3	5,0	10,2	23,1	2,26	45,0	2,2
Luzerne, ganz jung	16,7	74,6	8,7	19,7	32,9	1,67	22,0	3,3
„ in der Blüthe	16,7	76,9	6,4	14,4	22,5	1,56	40,0	2,5
Sandluzerne, Anfang der Blüthe	16,7	77,2	6,1	15,2	26,9	1,77	35,1	3,0
Esparsette, in der Blüthe	16,7	77,1	6,2	13,3	36,7	2,76	27,1	2,5
Incarnatklee, in der Blüthe	16,7	76,1	7,2	12,2	30,1	2,47	33,8	3,0
Hopfenklee, in der Blüthe	16,7	77,3	6,0	14,6	36,5	2,50	26,2	3,3

*) Nh Stickstoffhaltig = Albuminate.
**) Nl Stickstofflos = Kohlenhydrate,

Bezeichnung der Stoffe.	HO.	Org.	Asche.	Nh.	Nl.	$\frac{Nl}{Nh}$.	Holzf.	Fett.
Futterwicken, in der Blüthe	16,7	75,0	8,3	14,2	35,3	2,48	25,5	2,5
Erbsen, in der Blüthe	16,7	76,3	7,0	14,3	36,8	2,57	25,2	2,6
Wickhafer, in der Blüthe	16,7	76,1	7,2	12,6	35,5	2,81	28,0	2,3
Ackerspörgel, in der Blüthe	16,7	73,8	9,5	12,0	39,8	3,32	22,0	3,2
„ abgeblüht	16,7	75,5	7,8	7,8	41,7	5,33	26,0	2,5
Serradella, Ende der Blüthe	16,7	77,7	5,6	14,6	29,2	2,00	33,9	1,5
„ vor der Blüthe	16,7	75,8	7,5	15,3	37,2	2,43	26,1	1,9
In der Blüthe.								
Italienisches Raigras	14,3	77,9	7,8	8,7	51,4	5,94	16,9	2,8
Timotheegras	14,3	81,2	4,5	9,7	48,8	5,01	22,7	3,0
Kleines Rispengras	14,3	83,3	2,4	10,1	47,2	4,66	25,9	2,9
Kammgras	14,3	80,2	5,5	9,5	48,0	5,04	22,6	2,8
Weiche Trespe	14,3	80,7	5,0	14,8	35,0	2,36	31,0	1,8
Knäuelgras	14,3	81,1	4,6	11,6	40,7	3,51	28,9	2,7
Wiesengerste	14,3	80,4	5,3	9,6	42,0	4,39	27,2	2,0
Wiesenfuchsschwanz	14,3	79,0	6,7	10,6	39,5	3,74	29,0	2,5
Französisches Raigras	14,3	75,8	9,9	11,1	35,3	3,20	29,4	2,7
Englisches Raigras	14,3	79,2	6,5	10,2	38,9	3,83	30,2	2,7
Harter Schwingel	14,3	81,0	4,7	10,4	37,5	3,62	33,2	2,9
Ruchgras	14,3	80,3	5,4	8,9	40,2	4,49	31,2	2,9
Honiggras	14,3	80,2	5,5	9,9	36,7	3,72	33,6	3,1
Wiesenrispengras	14,3	80,6	5,1	8,9	39,1	4,41	32,6	2,3
Gemeines Rispengras	14,3	78,6	7,1	8,4	37,6	4,48	32,6	3,2
Goldhafer	14,3	79,8	5,9	6,4	42,6	6,65	30,8	2,2
Zittergras	14,3	78,3	7,4	5,2	42,8	8,22	30,3	2,6
Mittel aller Gräser	14,3	79,9	5,8	9,5	41,7	4,39	28,7	2,6
III. Stroh.								
Winterweizen	14,3	80,2	5,5	2,0	30,2	15,10	48,0	1,5
Winterroggen	14,3	82,5	3,2	1,5	27,0	18,00	54,0	1,3
Winterdinkel	14,3	79,7	6,0	2,0	27,7	13,75	50,5	1,4
Wintergerste	14,3	80,2	5,5	2,0	29,8	14,90	48,4	1,4
Sommergerste	14,3	78,7	7,0	3,0	32,7	10,90	43,0	1,4
„ mit Klee durchwachsen	14,3	77,7	8,0	6,0	34,7	5,78	37,5	1,7
Hafer	14,3	80,7	5,0	2,5	38,2	15,28	40,0	2,0
Futterwicken	14,3	79,7	6,0	7,5	28,2	3,76	44,0	2,0
Erbsen	14,3	81,7	4,0	6,5	35,2	5,41	40,0	2,0
Bohnen	17,3	77,7	5,0	10,2	33,5	3,28	34,0	1,0
Linsen	14,3	79,2	6,5	14,0	27,2	1,94	36,6	2,0
Lupinen	14,2	81,4	4,4	4,9	34,7	7,08	41,8	1,5
Mais	14,0	82,0	4,0	3,0	39,0	13,00	40,0	1,1
IV. Spreu und Schoten.								
Weizen	14,3	73,7	12,0	4,5	33,2	7,38	36,0	1,4
Dinkel	14,3	77,2	8,5	2,9	32,8	11,34	41,5	1,3
Roggen	14,3	78,2	7,5	3,5	28,2	8,06	46,5	1,2
Gerste	14,3	72,7	13,0	3,0	38,7	12,90	30,0	1,5
Hafer	14,3	67,7	18,0	4,0	29,7	7,43	34,0	1,5
Futterwicken	15,0	77,0	8,0	8,5	32,5	3,92	36,0	2,0
Erbsen	14,3	79,7	6,0	8,1	36,6	4,52	35,0	2,0
Saubohnen	15,0	77,0	8,0	10,5	29,5	2,81	37,0	2,0
Lupinen	14,3	82,9	2,8	2,5	47,2	18,88	33,0	2,5
Raps	14,0	77,5	8,5	3,5	40,0	11,43	34,0	1,6
Entkörnte Maiskolben	14,0	83,2	2,8	1,4	44,0	31,50	37,8	1,4
V. Grünfutter.								
Gras, vor der Blüthe	75,0	22,9	2,1	3,0	12,9	4,30	7,0	0,8
„ Ende der Blüthe	69,0	29,0	2,0	2,5	15,0	6,00	11,5	0,7
Rothklee, vor der Blüthe	83,0	15,5	1,5	3,3	7,7	2,33	4,5	0,7

Bezeichnung der Stoffe.	HO.	Org.	Asche.	Nh.	Nl.	$\frac{Nl}{Nh}$.	Holzf.	Fett.
Rothklee, volle Blüthe	78,0	20,3	1,7	3,7	8,6	2,33	8,0	0,8
Weißklee, volle Blüthe	80,5	17,5	2,0	3,5	8,0	2,28	6,0	0,8
Schwedischer Klee, Anfang der Blüthe	85,0	13,5	1,5	3,3	5,7	1,73	4,5	0,6
„ „ volle Blüthe	82,0	16,2	1,8	3,3	6,3	1,91	6,6	0,6
Luzerne, ganz jung	81,0	17,3	1,7	4,5	7,8	1,73	5,0	0,6
„ in der Blüthe	74,0	24,0	2,0	4,5	7,0	1,56	12,5	0,7
Sandluzerne, Anfang der Blüthe	78,0	20,1	1,9	4,0	6,6	1,65	9,5	0,8
Esparsette, in der Blüthe	80,0	18,5	1,5	3,2	8,8	2,75	6,5	0,6
Incarnatklee, desgl.	81,5	16,9	1,6	2,7	6,7	2,48	7,5	0,6
Hopfenklee, desgl.	80,0	18,5	1,5	3,5	9,0	2,57	6,0	0,8
Serradella, desgl.	80,0	18,7	1,3	3,6	7,0	1,95	8,1	0,4
Futterwicken, desgl.	82,0	16,2	1,8	3,1	7,6	2,45	5,5	0,6
Erbsen, desgl.	81,0	17,0	1,5	3,2	8,2	2,56	5,6	0,6
Hafer, Anfang der Blüthe	81,0	17,6	1,4	2,3	8,8	3,83	6,5	0,5
Futterroggen	72,9	25,5	1,6	3,3	14,9	4,52	7,3	0,9
Mais, spätreifer, Ende August	84,3	14,6	1,1	0,9	8,7	9,67	5,0	0,5
„ frühreifer, desgl.	82,2	16,7	1,1	1,1	10,9	9,91	4,7	0,5
Mohar, blühend	65,6	32,0	2,4	5,9	15,0	2,54	11,5	1,5
Zucker-Mohrhirse	74,0	25,1	0,9	2,5	15,3	6,12	7,3	1,4
Sorgho	77,3	21,6	1,1	2,9	11,9	4,10	6,7	?
Ackerspörgel, in der Blüthe	80,0	18,0	2,0	2,3	10,4	4,52	5,3	0,7
Weißkraut	89,0	9,8	1,2	1,5	6,3	4,20	2,0	0,4
Krautstrunk	82,0	16,1	1,9	1,1	12,2	11,09	2,8	0,8
Runkelrübenblätter	90,5	6,7	1,8	1,9	4,6	2,42	1,3	0,5
Mohrrübenblätter	82,2	14,2	3,6	3,2	8,0	2,50	3,0	1,0
Pappel- und Ulmenblätter	70,0	28,0	2,0	6,0	15,5	2,58	6,5	1,5
Topinamburstengel	80,0	17,3	2,7	3,3	10,6	3,21	3,4	0,8
Kohl, innere Blätter	89,51	9,64	0,85	1,40	7,10	5,09	1,14	0,08
Rapsblätter	trock.	75,5	24,5	20,00	47,50	2,35	8,00	2,00
VI. Wurzelfrüchte.								
Kartoffeln	75,0	24,1	0,9	2,0	21,0	10,50	1,1	0,3
Topinambur	80,0	18,9	1,1	2,0	15,6	7,80	1,3	0,5
Körbelrübe	76,00	23,1	0,9	3,2	17,0	5,46	1,0	0,6
Kohlrabi	88,00	10,8	1,2	2,3	7,3	3,17	1,2	0,2
Futterrunkel (ca. 3 Pf.)	88,0	11,1	0,9	1,1	9,1	8,27	0,9	0,1
Zuckerrübe (1—2 Pf.)	81,5	17,7	0,8	1,0	15,4	15,40	1,3	0,1
Kohlrübe (ca. 3 Pf.)	87,0	12,0	1,0	1,6	9,3	5,81	1,1	0,1
Mohrrübe (ca. ½ Pf.)	85,0	14,0	1,0	1,5	10,8	7,13	1,7	0,2
Riesenmöhre (1—2 Pf.)	87,0	12,2	0,8	1,2	9,8	8,17	1,2	0,2
Stoppelrübe	91,5	7,7	0,8	0,8	5,9	7,38	1,0	0,1
Turnips	92,0	7,2	0,8	1,1	5,1	4,61	1,0	0,1
Pastinake	88,3	11,0	0,7	1,6	8,4	5,25	1,0	0,2
Kürbis	94,5	4,5	1,0	1,3	2,8	2,16	1,0	0,1
VII. Körner.								
Reis	14,60	84,9	0,50	7,50	76,50	12,00	0,90	0,50
Winterweizen	14,4	83,6	2,0	13,0	67,6	5,20	3,0	1,5
Weizenmehl	12,6	86,7	0,7	11,8	74,1	6,28	0,7	1,2
Schlegeldinkel	14,8	81,3	3,9	10,0	54,8	5,48	16,5	1,5
Kernen	14,5	83.4	2,1	13,5	67,6	5,01	1,5	1,6
Winterroggen	14,3	83,7	2,0	11,0	69,2	6,29	3,5	2,0
Roggenmehl	14,0	84,4	1,6	10,5	72,5	6,90	1,5	1,6
Wintergerste	14,3	83,4	2,3	9,0	65,9	7,32	8,5	2,5
Sommergerste	14,3	83,1	2,6	9,5	66,6	7,01	7,0	2,5
Hafer	14,3	82,7	3,0	12,0	60,9	5,08	10,3	6,0
Mais	14,4	83,5	2,1	10,0	68,0	6,80	5,5	7,0
Hirse	14,0	83,0	3,0	14,5	62,1	4,28	6,4	3,0
Buchweizen	14,0	83,6	2,4	9,0	59,6	6,62	15,0	2,5
Futterwicken	14,3	83,4	2,3	27,5	49,2	1,79	6,7	2,7
Erbsen	14,3	83,2	2,5	22,4	52,3	2,19	9,2	2,5
Saubohnen	14,5	82,0	3,5	25,5	45,5	1,78	11,5	2,0

Bezeichnung der Stoffe.	HO.	Org.	Asche.	Nh.	Nl.	$\frac{Nl}{Nh}$	Holzf.	Fett.
Linsen	14,5	82,5	3,0	23,8	52,0	2,19	6,9	2,6
Lupinen	14,5	82,0	3,5	34,5	33,0	0,95	14,5	6,0
Wickgersteschrot	17,0	79,0	4,0	19,3	52,1	2,70	7,6	2,3
Geschälte Eicheln, trocken	20,0	78,4	1,6	5,0	68,8	13,78	4,6	4,3
Ungeschälte Eicheln, frisch	56,0	43,0	1,0	2,0	36,5	18,25	4,5	2,3
Geschälte Kastanien, frisch	49,2	49,0	1,8	3,0	45,2	15,07	0'8	2,5
Madiasamen	8,4	86,9	4,7	22,9	46,0	2,01	18,0	41,0
Leinsamen	12,3	82,7	5,0	20,5	55,0	2,68	7,2	37,0
Rapssamen	11,0	85,1	3,9	19,4	55,4	2,85	10,3	40,0
Hanfsamen	12,2	83,6	4,2	16,3	55,2	3,30	12,1	33,6
Mohnsamen	14,7	78,3	7,0	17,5	54,7	3,12	6,1	41,0
Roßkastanie	30,0	68,8	1,2	10,50	58,30	5,50	4,00	2,30
"	30,0	11 Proc. Schalen, 13 Proc. Zucker, 31 Proc. Stärke, 4 Proc. humose Substanz in den Schalen, 3,5 besondere Stoffe, als Argyräscin, Aphrodäscin 2c.						
VIII. Kaffee, Thee.								
Kaffeebohne	12,00	93,00	7,00	10,00	49,00	4,90	34,00	12,00
Cacaobohne	11,00	85,00	4,00	20,00	52,00	2,60	13,00	44,00
Chinesischer schwarzer Thee	15,00	79	6,00	5	32	5,33	40,01	2,00
Chinesischer grüner Thee	15,00	79	6,00	5	27	4,50	45,00	2,00
IX. Gewerbliche Abfälle.								
Preßrückstände *)	70,0	26,6	3,4	1,8	18,5	10,28	6,3	0,2
Schleuderrückstände *)	82,0	16,8	1,2	1,0	12,2	12,20	3,6	0,1
Rübenschnitte nach Leplay *)	92,0	6,6	0,8	0,8	4,4	5,50	1,4	0,1
Kartoffelschlempe	94,8	4,6	0,6	1,0	3,0	3,00	0,6	0,1
Roggenschlempe	89,0	10,5	0,5	2,1	6,8	3,24	1,6	0,4
Maisschlempe	89,0	10,5	0,5	2,0	7,2	3,60	1,3	1,2
Melasseschlempe	92,0	6,3	1,7	1,2	5,1	4,25	—	—
Biertreber	76,6	22,2	1,2	4,9	11,1	2,27	6,2	1,6
Malzkeime	8,0	85,2	6,8	23,0	44,7	1,94	17,5	2,5
Grünmalz mit Keim	47,5	50,8	1,7	6,5	39,5	6,08	4,3	1,5
Darrmalz ohne Keim	4,2	93,1	2,7	8,8	76,2	8,67	8,0	2,5
Weizenkleie	13,1	81,8	5,1	14,0	50,0	3,57	17,8	3,8
Roggenkleie	12,5	83,0	4,5	14,5	53,5	3,69	15,0	3,5
Rapskuchen	15,0	77,6	7,4	28,3	33,5	1,18	15,8	9,0
Leinkuchen	11,5	80,6	7,9	28,3	41,3	1,46	11,0	10,0
Leindotterkuchen	15,0	78,1	6,9	28,5	37,1	1,30	12,5	8,5
Mohnkuchen	10,0	81,6	8,4	32,5	37,7	1,16	11,4	8,1
Hanfkuchen	10,5	85,5	4,0	27,0	36,5	1,35	22,0	6,2
Buchelkuchen	10,0	84,8	5,2	24,0	31,3	1,30	30,5	7,5
Kuchen von geschälten Bucheln	12,5	79,8	7,7	37,1	36,9	0,99	5,5	7,5
Rübenmelasse	16,7	72,5	10,8	8,0	64,5	8,06	—	—
Kartoffelfaser	82,6	17,1	0,3	0,8	15,0	18,75	1,3	0,1

Die vorstehenden Zahlen können dazu dienen auch andere noch nicht untersuchte Gegenstände abzuschätzen, indem man die Zusammensetzung eines Vegetabils derselben natürlichen Familie dabei zu Grunde legt.

---

*) Preßrückstände fallen bei der gewöhnlichen Weise, die Zuckerrübe zu pressen, die Schleuderrückstände beim Ausschleudern des vom Saft getrennten Rübenbreies in Centrifugen, die Rübenschnitte nach Leplay sind die nach dem Dämpfen, Gähren und Abdestilliren übrigbleibenden Zuckerrübenschnitte.

Tafel IV.

Procentische Zusammensetzung der Körnerfrüchte.

	Albuminate.	Stärke.	Gummi und Zucker.	Fett.	Kleie und Holzfaser.	Asche.	Wasser.	Analytiker.
Weizen.								
Aus Elsaß	14,6	59,7	7,2	1,2	1,7	1,6	14,0	Boussingault.
„ Sachsen	11,8	64,4	1,4	2,6	2,5	1,6	15,6	Wunder.
„ Nordamerika .	10,9	63,4	3,8	1,2	8,3	1,6	10,8	Polson.
„ Flandern . . .	10,7	61,0	9,2	1,0	1,8	1,7	14,6	Peligot.
„ Odessa	14,3	59,6	6,3	1,5	1,7	1,4	15,2	„
„ Taganrog . . .	13,6	57,9	7,9	1,9	2,3	1,6	14,8	„
„ Polen	21,5	53,4	6,8	1,5	1,7	1,9	13,2	„
„ Ungarn	13,4	62,2	5,4	1,1	1,7	1,7	14,5	„
„ Aegypten . . .	20,6	55,4	6,0	1,1	1,8	1,6	14,8	„
Roggen.								
Aus Hessen	13,6	50,5	8,9	0,9	10,1	1,8	15,0	Fresenius.
„ Frankreich . . .	11,6	56,5	10,2	1,9	3,5	2,2	14,1	Payen.
„ Sachsen	9,1	64,9	0,4	2,3	3,5	1,4	18,3	A. Müller.
„ „	9.6	56,7	6,4	2,1	8,5	3,3	16,5	Wolff.
Gerste.								
	10,5	50,3	5,5	2,0	13,6	3,8	15,7	Wolff.
	13,2	53,7	4,2	2,6	11,5	2,8	12,0	Polson.
Aus Salzmünde (Pr.)	9,3	60,4	1,2	2,0	9,7	2,4	15,0	Grouven.
Hafer.								
	8,8	55,4	2,5	6,4	9,6	2,7	14,6	A. Müller.
	15,7	32,2	—	—	—	4,1	12,9	Krocker.
	10,2	—	—	6,1	10,0	2,7	12,6	Anderson.
Buchweizen.								
Enthülst aus Wien .	2,6	78,9	3,8	0,9	1,0	—	12,7	Bibra.
„ „ „ .	3,6	76,7	4,3	1,3	1,3	—	13,7	„
„ „ „ .	13,1	—	—	3,9	3,5	2,5	13,0	Boussingault.
Mit der Hülse . . .	8,5	37,8	—	—	—	2,0	14,2	Horsford & Krocker.
„ „ „ . . .	9,1	45,0	7,1	0,4	22,0	2,4	14,0	Zenneck.
Mais.								
Aus Sachsen	8,8	58,0	5,3	9,2	4,9	3,2	10,5	Hellriegel.
„ Nordamerika .	8,8	54,4	2,7	4,6	15,8	1,7	12,0	Polson.
„ Galacz	9,1	49,5	2,9	4,5	20,4	1,8	11,8	„
„ der Schweiz . .	—	51,2	6,7	3,8	12,5	—	10,6	Bibra.
Reis.								
Aus Piemont	7,5	—	—	0,5	0,9	0,5	14,6	Boussingault.
„ Patna	7,2	79,9	1,6	0,1	0,5	0,9	9,8	Polson.
„ Piemont	7,8	—	—	0,2	3,4	0,3	13,7	Peligot.
„ Ostindien . . .	5,9	73,9	2,3	0,9	2,0	—	14,0	Bibra.
Hirse.								
Geschält. Hagenau .	20,6	—	—	3,0	2,4	2,2	14,0	Boussingault.
„ Nürnberg.	10,3	57,0	11,0	8,0	2,0	—	12,2	Bibra.

Tafel V.

Procentische Zusammensetzung von Kartoffeln von Grouven.

(Agricultur-Chemie, 2. Aufl., S. 495 u. 355.)

	Weiße Kartoffeln, frisch ausgegraben,				Versch. Sorten. Durchschnitt von 19 Analysen.
	ungedüngt.		gedüngt.		
Wasser	74,95		78,01		67,00
Albumin	0,47		0,89		
Casein	0,04		0,03		
Gliadin und Mucidin (?)	0,29	=2,11	0,25	=3,19	2,80
Vegetab. Fibrin	1,31		2,02		
Gummi und Pectin	0,76		1,56		1,81
Organische Säuren	2,00		1,50		
Fett	0,07		0,05		0,30
Stärke	17,33		13,40		15,24
Cellulose	1,90		1,24		1,01
Asche	0,88		1,05		0,95
	100		100		

Tafel VI.

Procentische Zusammensetzung von Zuckerrüben.

	Wasser.	Albuminate.	Zucker.	Org. Säuren. Pectin 2c.	Rohfaser.	Asche.	Analytiker.
Hohenheim	81,5	0,87	11,90	3,47	1,33	0,89	Wolff.
Möckern	84,1	0,82	9,10	3,90	1,05	0,99	Ritthausen.
„ 2 Pfund	81,7	0,84	11,21	3,86	1,36	0,94	„
„ ½ „	79,5	0,90	12,07	5,09	1,52	0,88	„
Bickendorf, 1½ Pfund	80,0	0,70	12,90	5,00	1,20	0,70	Grouven.
Slanstädt, 2 Pfund	80,0	0,68	13,37	5,21		0,74	Stöckhardt.
Lockwitz, 1¼ „	79,9	0,65	13,32	5,53		0,60	„
Tharand, 1½ „ gedüngt	82,7	0,93	12,34	3,24		1,79	„
„ 2 „ „	81,8	1,16	10,15	5,77		1,12	„
„ 3¼ „ „	82,1	1,14	9,25	6,36		0,15	„
„ 4 „ „	82,5	1,05	8,45	7,07		0,93	„
Schlesien, ungedüngt	84,4	1,14	9,80	3,96		0,69	Bretschneider.
„ gedüngt mit Chilisalpeter	82,7	1,42	11,57	3,63		0,68	„
„ „ „ Superphosphat	84,1	1,20	9,82	4,04		0,77	„
Durchschnitt	81,5	0,95	11,5	3,7	1,3	0,85	

Tafel VII. Zusammensetzung der Obstarten nach Fresenius. (Ann. Ch. u. Ph., 101, S. 219.)

		Lösliche Bestandtheile.						Samen, Schale u. unlösl. Subst.						
		Zucker *).	Freie Säure **).	Albuminate.	Pectinkörper, Gummi, gebund. organ. Säuren.	Lösliche Aschenbestandtheile.	Summa der löslich. Substanzen.	Samen.	Schale und Cellulose.	Pectose.	Unlösliche Aschenbestandtheile †).	Summa der unlöslichen Subst.	Wasser.	
Stachelbeeren.														
1. Große, rothe, rauhhaarige	1854	8,063	1,385	0,441	0,969	0,317	11,148	2,481	0,512	0,294	(0,146)	3,287	85,565	100,000
2. Kleine, „ „	1854	6,030	1,573	0,445	0,513	0,452	9,013	2,442		0,515	(0,069)	2,957	88,030	100,000
3. „ „ „	1855	8,239	1,589	0,358	0,522	0,504	11,212	2,529		1,428	(0,247)	3,957	84,831	100,000
4. Mittlere, gelbe, wenig behaarte	1854	6,383	1,078	0,578	2,112	0,200	10,351	3,380	0,442	0,308	(0,100)	4,130	86,519	100,000
5. „ „ „ „	1855	7,507	1,334	0,369	2,113	0,277	11,600	2,081		0,955	(0,170)	3,036	85,364	100,000
6. Große, rothe, glatte, „	1855	6,483	1,664	0,306	0,843	0,553	9,849	2,803		0,390	(0,133)	3,193	86,958	100,000
Johannisbeeren.														
7. Rothe, mittelgroße, reif	1854	4,78	2,31	0,45	0,28	0,54	8,36	4,45	0,66	0,69	(0,11)	5,80	85,84	100,00
8. „ „ „	1855	6,44	1,84	0,49	0,19	0,57	9,53	4,48		0,72	(0,23)	5,20	85,27	100,00
9. Rothe, sehr große Kirsch-Johannisb., völlig reif	1855	5,647	1,695	0,356	0,007	0,620	8,35	3,940		2,380	(0,158)	6,320	85,355	100,000
10. Weiße, mittelgroße	1854	6,61	2,26	0,77	0,18	0,54	10,36	4,94		0,53	(0,12)	5,47	84,17	100,00
11. „ „	1855	7,692	2,258	0,300		0,560	10,810	4,144		0,24		4,384	84,806	100,000
12. „ „	1856	7,12	2,53	0,68	0,19	0,70	11,22	4,85		0,51	(0,14)	5,36	83,42	100,00
Erdbeeren.														
13. Walderdbeeren	1854	3,247	1,650	0,619	0,145	0,737	6,398	6,032		0,299	(0,315)	6,331	87,271	100,000
14. „	1855	4,550	1,332	0,567	0,049	0,603	7,101	5,580		0,300	(0,345)	5,880	87,019	100,000
15. Ananaserdbeeren	1855	7,575	1,133	0,359	0,119	0,480	9,666	1,960		0,900	(0,154)	2,860	87,474	100,000
Himbeeren.														
16. Rothe Waldhimbeeren	1854	3,597	1,980	0,546	1,107	0,270	7,500	8,460		0,180	(0,134)	8,640	83,860	100,000
17. Rothe Gartenhimbeeren	1855	4,708	1,356	0,544	1,746	0,481	8,835	4,106		0,502	(0,296)	4,608	86,557	100,000
18. Weiße „	1858	3,703	1,115	0,665	1,397	0,380	7,260	4,520		0,040	(0,081)	4,560	88,180	100,000

*) Saccharose und Fructose. **) Durch Aepfelsäurehydrat ausgedrückt. †) Bereits in Samen und Schale eingeschlossen.

		Lösliche Bestandtheile.						Samen, Schale u. unlösl. Subst.						
		Zucker *).	Freie Säure **).	Albuminate.	Pectinkörper, Gummi, gebund. organ. Säuren.	Lösliche Aschenbestandtheile.	Summa der löslich. Substanzen.	Samen.	Schale und Cellulose.	Pectose.	Unlösl. Aschenbestandtheile †).	Summa der unlöslichen Subst.	Wasser.	
19. Brombeeren.		4,444	1,188	0,510	1,444	0,414	8,000	5,210		0,384	(0,074)	5,594	86,406	100,000
20. Heidelbeeren.		5,780	1,341	0,794	0,555	0,858	9,328	12,864		0,256	(0,550)	13,120	77,552	100,000
21. Maulbeeren.		9,192	1,860	0,394	2,031	0,566	14,043	0,905		0,345	(0,089)	1,250	84,707	100,000
Trauben.														
22. Weiße Oesterreicher	1854	13,780	1,020	0,832	0,498	0,360	16,490	2,592		0,941	(0,117)	3,533	79,977	100,000
23. Kleinberger	1855	10,590	0,820	0,662	0,220	0,377	13,629	1,770		0,750	(0,077)	2,520	84,870	100,000
24. Rießling, Oppenheim	1855	13,52	0,71	4,07			18,30	—		—	—	5,66	76,04	100,00
25. " "	1855	15,14	0,50	3,46			19,10	—		—	—	6,52	74,38	100,00
26. " Johannisberg	1850	19,24	0,66	2,95			22,93	—		—	—	—	—	—
27. Aßmannshäuser, rothe	1856	17,28	0,75	—			—	—		—	—	—	—	—
Kirschen.														
28. Süße, blaßrothe Glaskirschen	1854	13,110	0,351	0,903	2,286	0,600	17,250	5,480	0,450	1,450	(0,090)	7,380	75,370	100,000
29. " sehr hellfarbige Herzkirschen	1855	8,568	0,961	3,529		0,835	13,435	3,244	0,464	0,401	(0,070)	4,109	82,456	100,000
30. " schwarze	1855	10,700	0,560	1,010	0,670	0,600	13,540	5,730	0,366	0,664	(0,078)	6,760	79,700	100,000
31. Saure Kirschen (Weichselkirschen)	1855	8,772	1,277	0,825	1,831	0,565	13,270	5,182	0,808	0,246	(0,067)	6,236	80,494	100,00
Pflaumenarten.														
32. Mirabellen, gelbe, gewöhnliche	1854	3,584	0,582	0,197	5,772	0,570	10,725	5,780	0,179	1,080	(0,082)	7,039	82,236	100,000
33. Reineclauden, gelbgrüne, mittelgroße	1854	2,960	0,960	0,477	10,475	0,318	15,190	3,250	0,680	0,010	(0,039)	3,940	80,841	100,000
34. " große, grüne, sehr süß u. saftig	1855	3,405	0,870	0,401	11,074	0,398	16,148	2,852	1,035	0,245	(0,037)	4,132	79,720	100,000
35. Pflaumen, schwarzblaue, mittelgroße	1854	1,996	1,270	0,475	2,313	0,496	6,550	4,190	0,509		(0,041)	4,699	88,751	100,000
36. " dunkelschwarzrothe, gutschmeckend	1855	2,252	1,331	0,426	5,851	0,553	10,413	3,329	1,020		(0,063)	4,349	85,238	100,000
Zwetschen.														
37. Gewöhnliche, nicht sehr süß (1 St. = 16 Gramm).	1855	5,793	0,952	0,785	3,646	0,734	11,910	3,540	1,990	0,630	(0,094)	6,160	81,930	100,000
38. Große, italienische, sehr süß (1 St. = 19 Gramm).	1855	6,730	0,841	0,832	4,105	0,590	13,098	3,124	0,972	1,534	(0,066)	5,630	81,272	100,000

*) Saccharose und Fructose. **) Als Aepfelsäurehydrat ausgedrückt. †) Bereis in Schale und Samen eingeschlossen.

Zusammensetzung der Obstarten nach Fresenius. (Ann. Ch. u. Ph., 101, S. 219.)

		Lösliche Bestandtheile.						Samen, Schale u. unlösl. Bstandth.						
		Zucker *).	Freie Säure **).	Albuminate.	Pectinkörper, Gummi, gebund. organ. Säuren.	Lösliche Aschenbestandtheile.	Summa der löslich. Substanzen.	Samen.	Schale und Cellulose.	Pectose.	Unlösl. Aschenbestandtheile †).	Summa der unlöslichen Subst.	Wasser.	
Aprikosen.														
39. Schöne, ziemlich große (1 St. — 47 Gramm)	1854	1,140	0,898	0,832	5,929	0,820	9,619	4,300	0,967	0,148	(0,071)	5,415	84,966	100,000
40. Sehr wohlschmeckend, zart, groß (1 St. — 60 Gr.)	1854	1,531	0,766	0,389	9,283	0,754	12,723	3,216	0,944	1,002	(0,104)	5,266	82,011	100,000
Pfirsichen.														
41. Große holländische, sehr wohlschmeckend	1855	1,580	0,612	0,463	6,313	0,422	9,390	4,629	0,991		(0,042)	5,620	84,990	100,000
42. Aehnliche Sorte	1855	1,565	0,734	11,058		0,913	14,270	6,764	2,420		(0,163)	9,184	76,546	100,000
Aepfel.														
43. Große englische Reinette	1853	9,25	0,53		1,80		11,58	—	—	—	—	2,39	86,03	100,00
44. „ „ „	1854	5,96	0,39	0,52	7,61	0,22	14,70	0,07	1,71	1,49	(0,06)	3,27	82,03	100,00
45. „ „ „	1855	6,83	0,85	0,45	6,47	0,36	14,96	1,95		1,05	(0,03)	3,00	82,04	100,00
46. Weißer Tafelapfel	1854	7,58	1,04	0,22	2,72	0,44	12,00	0,38	1,42	1,16	(0,03)	2,96	85,04	100,00
47. Borsdorfer	1853	7,61	0,61		6,85		15,07	—	—	—	—	2,44	82,49	100,00
48. Weißer Matapfel	1853	8,98	1,01		3,35		13,34	—	—	—	—	4,53	82,13	100,00
49. Englische Winter-Goldparmäne	1853	10,36	0,48		5,11		15,95	—	—	—	—	2,18	81,87	100,00
Birnen.														
50. Rothe Birne	1854	7,000	0,074	0,260	3,281	0,285	10,900	0,390	3,420	1,340	(0,05)	5,150	83,950	100,000
51. „	1855	7,940	Spur.	0,237	4,409	0,284	12,870	3.518		0,605	(0,049)	4,123	83,007	100,000

*) Saccharose und Fructose. **) Als Aepfelsäurehydrat ausgedrückt. †) Bereits in der Schale und Samen eingeschlossen.

Tafel VIII.

Obstarten nach ihrem Zuckergehalt geordnet.

Im Durchschnitt nach Fresenius.

	Procent.		Procent.
Pfirsichen	1,6	Johannisbeeren	6,1
Aprikosen	1,8	Zwetschen	6,3
Pflaumen	2,1	Stachelbeeren	7,2
Reineclauden	3,1	Rothe Birnen	7,5
Mirabellen	3,6	Aepfel	8,4
Himbeeren	4,0	Sauerkirschen	8,8
Brombeeren	4,4	Maulbeeren	9,2
Erdbeeren	5,7	Süße Kirschen	10,8
Heidelbeeren	5,8	Trauben	14,9

Tafel IX.

Obstarten nach ihrem Säuregehalt geordnet, die Säure als Aepfelsäure ausgedrückt.

Im Durchschnitt nach Fresenius.

	Procent.		Procent.
Rothe Birnen	0,1	Brombeeren	1,2
Mirabellen	0,6	Sauerkirschen	1,3
Süße Kirschen	0,6	Pflaumen	1,3
Pfirsichen	0,7	Heidelbeeren	1,3
Trauben	0,7	Erdbeeren	1,3
Aepfel	0,8	Stachelbeeren	1,5
Zwetschen	0,9	Himbeeren	1,5
Reineclauden	0,9	Maulbeeren	1,9
Aprikosen	1,1	Johannisbeeren	2,0

Tafel X.

Obstarten nach ihrem Verhältniß von Säure, Zucker, Pectin, Gummi 2c. geordnet.

Im Durchschnitt nach Fresenius.

	Säure.	Zucker.	Pectin, Gummi 2c.
Pflaumen	1	1,6	3,1
Aprikosen	1	1,7	6,4
Pfirsichen	1	2,3	11,9
Himbeeren	1	2,7	1,0
Johannisbeeren	1	3,0	0,1
Reineclauden	1	3,4	11,8
Brombeeren	1	3,7	1,2
Heidelbeeren	1	4,3	0,4
Erdbeeren	1	4,4	0,1
Stachelbeeren	1	4,9	0,8
Maulbeeren	1	4,9	1,1
Mirabellen	1	6,2	9,9
Sauerkirschen	1	6,9	1,4
Zwetschen	1	7,0	4,4
Aepfel	1	11,2	5,6
Süßkirschen	1	17,3	2,8
Trauben	1	20,2	2,0
Rothe Birnen	1	94,6	44,4

Tafel XI.

Obstarten nach dem Verhältniß von Wasser, den löslichen Substanzen und den unlöslichen Substanzen geordnet.

Im Durchschnitt nach Fresenius.

	Wasser.	Lösliche Substanzen.	Unlösliche Substanzen.
Himbeeren	100	9,1	6,9
Brombeeren	100	9,3	6,5
Erdbeeren	100	9,4	5,2
Pflaumen	100	9,7	0,9
Johannisbeeren	100	11,0	6,6
Heidelbeeren	100	12,1	16,9
Stachelbeeren	100	12,2	3,6
Mirabellen	100	13,0	1,5
Aprikosen	100	13,3	2,1
Rothe Birnen	100	14,3	5,5
Pfirsichen	100	14,6	2,1
Zwetschen	100	15,3	3,2
Sauerkirschen	100	16,5	1,3
Maulbeeren	100	16,6	1,5
Aepfel	100	16,9	3,6
Reineclauden	100	18,5	1,2
Süßkirschen	100	18,6	1,5
Trauben	100	22,8	5,8
	100		

Tafel XII.

Verhältniß des Oels in verschiedenen lufttrockenen Samen.

Nach Berjot.

(Knop's Agricultur-Chemie, S. 725.)

Die lufttrockenen Samen enthalten 10—12 Procent hygroskopisches Wasser.

Winterraps	40—45	Leindotter	35
Schirmraps	44	Wassermelonensamen	36
Rother indischer Raps	40	Hederichsamen Sinap.	15—42
Weißer Raps	40	Orangesamen	40
Leinsamen	34	Coloquintensamen	16
Mohnsamen	40—50	Kirschkerne	42
Sesam	53	Mandeln	40
Senf, weißer	30	Kartoffelsamen	16
„ schwarzer	29	Kreuzdornsamen	16
Hanf	28	Johannisbeersamen	26
Erdnuß	38	Bucheckern	24

Register.

A.

B.

C.

Q.

R.

S.

T.

U.

V.

W.

Berichtigung.

Seite 304 in der Anmerkung lies: Endogenae und Exogenae statt Endogeneae und Exogeneae.
„ 336 lies: Horibrenk statt Hoorbrenk.